

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко

(підпис)
“ ” _____ 2018 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація лінії виробництва спіненого поліетилену з розробкою сушарки та формуючого інструменту

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-71мп

Сацердотов Андрій Олегович

_____ (підпис)

Керівник проекту ст. викл. Я.Г. Двойнос

Консультанти:

_____ (підпис)

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

_____ (підпис)

розробка стартап-проекту

доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна

_____ (підпис)

технологія виготовлення основи матриці

ст. викл. Я.Г. Двойнос

_____ (підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

ст. викл., канд. техн. наук А.Р. Степанюк

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ А.О. Сацердотов

Київ – 2018

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	11
Вступ.....	12
1 Призначення та область використання установки виробництва спіненого поліетилену	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі.....	16
2 Технічна характеристика апаратів.....	18
3 Опис та обґрунтування вибраних конструкцій апаратів.....	19
3.1 Конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей	19
3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами	21
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів	23
3.4 Патентний огляд конструкцій апаратів.....	25
4. Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції апаратів.....	43
4.1 Визначення основних геометричних розмірів сушарки	43
4.2 Розрахунок опору фільтруючого шару сушарки	48
4.3 Розрахунок маси сушарки	49
4.4 Розрахунок на міцність циліндричної обичайки сушарки від дії реакцій опорних лап.....	53
4.5 Розрахунок діаметра штуцера сушарки для подачі теплоносія	58
4.6 Розрахунок укріплення отворів сушарки.....	60
4.7 Гідралічний розрахунок формуючої головки.....	62
4.8 Розрахунок різьбового з'єднання матриці.....	71

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Модернізація лінії виробництва спіненого поліетилену з розробкою сушарки та формуючого пристрою			Літ.	Арк.	Акрцшів
Розробив	Сацердатов А.О.									
Перевірив	Двойнас Я.Г.								9	137
								КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. Контр.										
Затвердив										

4.9 Розрахунок маси формуючої головки	73
4.10 Розрахунок фланцевого з'єднання головки.....	78
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	88
6. Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва спіненого поліетилену	99
7 Рівень стандартизації та уніфікації	103
8. Розроблення стартап проекту.....	105
8.1. Опис ідеї проекту	105
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту	108
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	110
8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	121
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	124
Висновки	131
Выводы	132
Conclusions	133
Перелік посилань.....	134
Додаток А Технологія виготовлення основи матриці	138
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	153
Додаток В Документація до патентного дослідження	164
Додаток Г Комп'ютерний розрахунок	175
Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні	179
Додаток Е Публікації автора	190

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Умовні позначення:

D – діаметр апарата, м;

S – товщина стінки апарата, м;

G – продуктивність по готовому продукту, кг/год;

$d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр гранул поліетилену, м;

m – маса апарата, кг;

$r_{\text{в}}$ – питома теплота пароутворення води, Дж/кг;

$c_{\text{п}}$ – питома теплоємність поліетилену, Дж/(кг·К);

$L_{\text{п}}$ – масові витрати повітря, кг/с;

$\omega_{\text{п}}$ – швидкість руху повітря, м/с;

$\rho_{\text{п}}$ – густина поліетилену, кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ – густина насипу, кг/м³;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу апарата, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$n_{\text{т}}$ – коефіцієнт запасу міцності по межі текучості;

Q – теплові витрати, Вт;

V – об'єм, м³;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Вступ

Спінений поліетилен - екологічно чистий і інертний матеріал та має розвинену поверхню, що забезпечує легку адгезію з іншими будматеріалами, в тому числі цементом, вапном, бетоном і т.д. Середня щільність компонента лежить у проміжку $25..40 \text{ кг/м}^3$ при цьому теплопровідність в діапазоні $0,037..0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Завдяки своїм характеристикам, спінений поліетилен надзвичайно затребуваний в різних галузях промисловості, причому, з кожним роком його популярність лише зростає.

Використання даного матеріалу, дозволяє вирішити велику кількість проблем і питань, недоступних для інших будматеріалів аналогічної спрямованості. А сам спінений поліетилен, володіє великим числом незаперечних переваг, серед яких, особливо слід виділити такі: низькі показники теплової провідності, абсолютна безпека, прекрасні параметри водовідштовхування, зручність в роботі, відмінна звукоізоляція, тривала експлуатація та доступність.

Спінений поліетилен має специфічну структуру з закритими порами. Матеріал широко застосовується і для додаткової теплоізоляції, гідроізоляції та для шумоізоляції самих різних будівельних конструкцій. Також його широко використовують в машинобудівній індустрії. У тому числі в цілях ізоляції всіляких видів обладнання.

Матеріал також досить активно використовується різними службами і споживачами для захисту трубопроводів від потіння і утворення конденсату. При цьому сам матеріал довгостроково зберігає власні вихідні характеристики.

Теплоізоляція трубопроводів спіненим поліетиленом вважається безпечним, екологічно чистим і надійним способом захисту різного роду компонентів. Спінений поліетилен призначений для теплоізоляції трубопроводів, експлуатаційні температури яких знаходяться в межах від -45 до $+85$ градусів за Цельсієм. Як правило, матеріал має сірий колір і дрібнопористу структуру основи. Виготовляють його на технологічному обладнанні шляхом

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штучного спінювання робочого складу і екструзії. Серед головних достоїнств поліетилену слід вважати його здатність чинити опір високого тиску.

Ізоляція труб подібним компонентом дозволяє надати магістралям більшої міцності, антикорозійної стійкості, еластичності та гнучкості. Візуально вона може виглядати у вигляді звичайної трубки з поздовжнім технологічним монтажним розрізом.

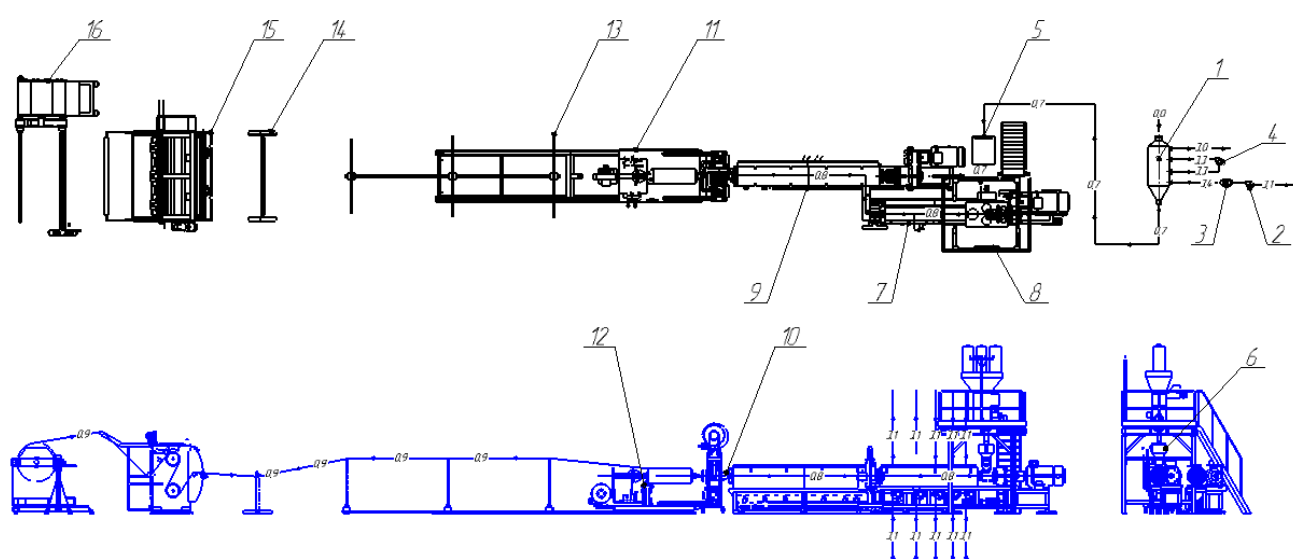
За рахунок спрямованості призначення матеріалу, а саме для гільзовою обробки труб, він випускається різного діаметру, починаючи від 12 мм і закінчуючи 114 мм, що прописано в стандарті. Для промисловості виготовляється продукція, розрахована на діаметр захисту від 100 до 150 мм із розмірами ячеек 1..3 мм.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						13
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 Призначення та область використання установки виробництва спіненого поліетилену

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема для виробництва спіненого поліетилену, яка показана на рисунку 1.1, працює наступним чином [1].



1 – сушарка; 2 – вентилятор; 3 – калорифер; 4 – вентилятор для циркулюючого повітря; 5 – вакуумний завантажувач; 6 – дозатор; 7 – перший екструдер; 8 – газовідвідний насос; 9 – другий екструдер; 10 – круглощільова головка; 11 – охолоджуюча мандрель; 12 – ніж; 13 – згладжуюча дуга; 14 – направляючий ролик; 15 – тягнучий пристрій; 16 – барабан.

Рисунок 1.1 – Лінія для виробництва спіненого поліетилену, продуктивністю 320 кг/год

У сушарку 1 подається подрібнений поліетилен, де висушується повітрям. Повітря подається вентилятором 2 та нагрівається до температури 55 град С калорифером 3 і проходячи через завихрювач за допомогою вентилятора

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

4 циркулює у сушарці. Висушений поліетилен подається у дозатор 6 за допомогою вакуумного завантажувача 5 звідки потрапляє безпосередньо до першого екструдера 7, де поліетилен плавиться та перемішується до необхідної однорідності при температурі 200 град С та при тиску до 30 МПа. Утворені при екструзії гази видаляються вакуумним компресором 8. Після першого екструдера 7 розплав поліетилену подається до другого екструдера 9, де розплав поступово охолоджується до температури 150-130 град С.

Розплавлений поліетилен після проходження двох екструдерів потрапляє до круглощільової головки 10 де матеріал при температурі 125-130 град С та тиску до 15 МПа, проходячи через вузький кільцевий отвір спінюється збільшуючись у об'ємі. При проходженні по каналам температура розплаву регулюється охолоджуючою системою через подачу масла у відповідні канали формуючої головки.

На охолоджуючій мандрелі 11 утворена труба зі спіненого поліетилену остаточно охолоджується та розрізається по середині ножом 12. Проходячи через згладжуючу дугу 13 утворене полотно спіненого поліетилену випрямляється і через направляючий ролик 14 за допомогою тягнучого пристрою 15 намотується на барабан 16.

					ЛН71мп. 703162.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

Сушарка

Для сушки поліетилену використовуються сушарки наступних типів:

- 1) полична;
- 2) шахтна;
- 3) барабанна;
- 4) стрічкова;

Вибір конструктивного типу сушарки залежить від продуктивності, часу сушіння та фізичних властивостей матеріалу.

У процесі нам необхідно забезпечити відповідний час сушіння для того аби волога випаровувалася не лише з поверхні матеріалу але й відбувалася дифузія вологи з середини матеріалу до поверхні. Через те що ми сушимо вторинний поліетилен, який має більший опір шару ніж гранульований поліетилен, теплоносію важко проходити через шар матеріалу.

Зважаючи на умови які необхідні для сушки даного поліетилену вибираємо сушарку шахтного типу що забезпечить необхідний час сушіння матеріалу, а встановленні завихрювачі всередині апарата для циркуляції теплоносія дозволять подавати теплоносії до верхніх шарів матеріалу що сушиться.

Висновок: Обрано сушарку шахтного типу з фільтруючим шаром.

Формуюча головка

Для формування виробів з полімерів використовують наступні типи формуючих головок за конфігурацією формуючої щілини:

- 1) Плоскощілинні;
- 2) Кільцеві;
- 3) Гранулювальні;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

4) Профільні;

Геометричні параметри формуючих каналів, а отже і конструктивне оформлення головки визначається реологічними властивостями розплаву й вимогами до виробу та його розмірів.

Гідравлічний опір каналів головки має перебувати в області оптимальних робочих характеристик екструдера. Це означає необхідність узгодження типорозміру машини, геометрії черв'яка й технологічних режимів з геометрією виробу, каналів головки й потрібною продуктивністю.

У нашому випадку ми екструдуюємо поліетилен з його спіненням на виході з формуючого інструменту. Зважаючи на те, що полотно зі спіненого поліетилену має достатньо велику ширину, розмір плоскощільової головки у такому випадку повинен бути співрозмірним з розміром полотна, тому ми виберемо кільцеву формуючу головку, що забезпечить гарне спінення матеріалу, матиме менші розміри ніж плоскощільова головка, а також забезпечить краще протікання матеріалу по каналу.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						17
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 Технічна характеристика апаратів

Сушарка.

Матеріал в апараті	поліетилен;
Сушильний агент	повітря;
Продуктивність G , кг/год	500;
Загальний робочий об'єм V , м ³	3,5;
Внутрішній діаметр апарата d , м	0,992;
Зовнішній діаметр апарата D , м	1;
Висота апарата H , м	3,465;
Діаметр завихрювача D_3 , м	0,684;
Швидкість теплоносія w , м/с	36;
Температура теплоносія t_n , град C	55;
Температура матеріалу t_m , град C	20;
Маса апарата M , кг	890;
Матеріал апарата	Сталь 08X18H10T.

Формуюча головка.

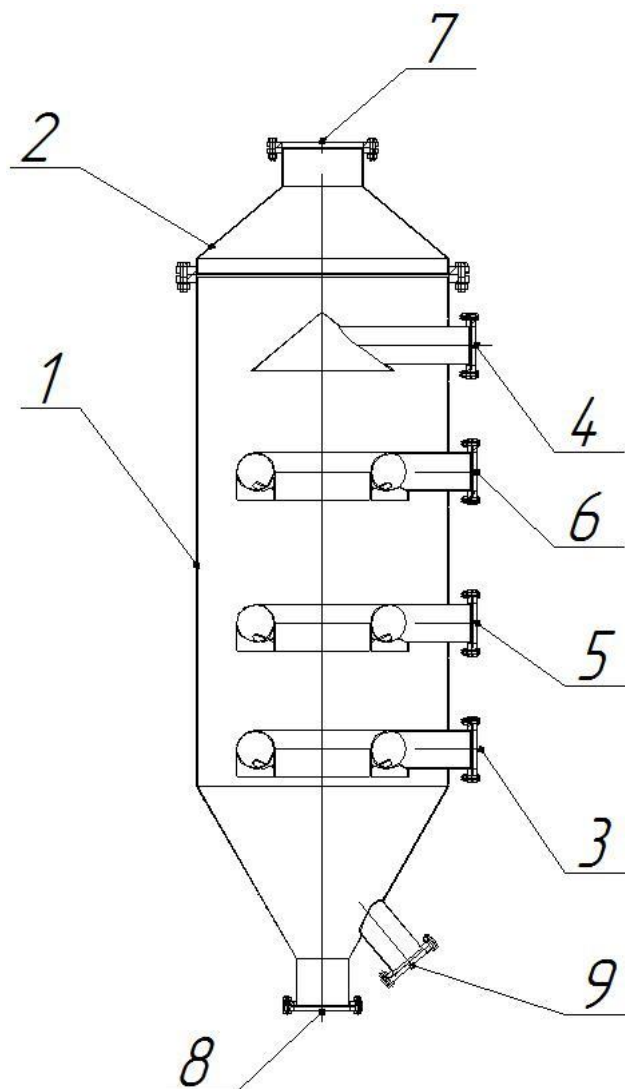
Матеріал в апараті	поліетилен;
Продуктивність G , кг/год	320;
Маса апарата M , кг	570;
Гідравлічний опір P , МПа	12,8;
Температура в середині апарата T , °C	130;
Довжина апарата L , м	940;
Висота апарата H , м	520;
Матеріал апарата	Сталь 40X.

3 Опис та обґрунтування вибраних конструкцій апаратів

3.1 Конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Конструкція сушарки

Схема апарата представлена на рисунку 3.1



1 – корпус; 2 – кришка; 3 – завихрювач для подачі теплоносія; 4 – конус для відводу відпрацьованого повітря; 5,6 – завихрювачі для циркулюючого повітря; 7 – штуцер для подачі вологого поліетилену; 8 – штуцер для виходу висушеного поліетилену; 9 – штуцер для розвантаження.

Рисунок 3.1 – Схема сушарки

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

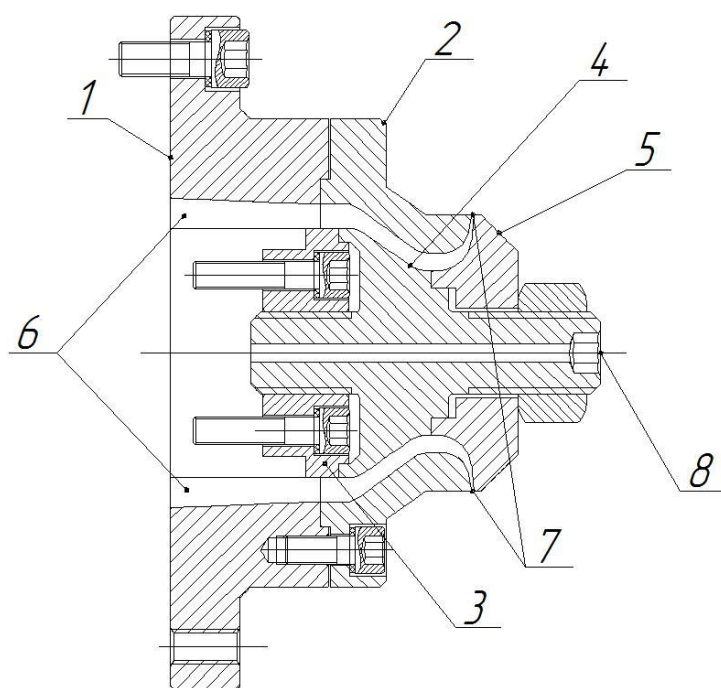
Сушарка – апарат у якому протікає теплове сушіння що, являє собою процес видалення вологи з твердого вологого матеріалу шляхом її випарування та відводу утворених парів. Такий апарат повинен задовольняти наступним вимогам: мати необхідний об’єм, забезпечувати задану продуктивність та необхідний час перебування матеріалу.

Будову сушарки та її тип визначає ряд факторів: тип матеріалу що сушиться, продуктивність, агрегатний стан матеріалу та необхідний час сушки.

Сушарка складається з ємності у якій протікає процес сушіння, кришки, завихрювачів для подачі та циркуляції теплоносія та конусу для відводу відпрацьованого повітря.

Конструкція формуючої головки

Схема формуючої головки представлена на рисунку 3.2



1 – основа матриці; 2 – наконечник матриці; 3 – основа дорна; 4 – опора дорна;
5 – наконечник дорна; 6 – канали для проходження полімеру; 7 – отвори для виходу спіненого полімеру; 8 – центральний отвір для подачі повітря.

Рисунок 3.2 – Схема формуючої головки

Формуюча головка – деталь через яку під тиском проходить матеріал та на виході з неї утворює певну форму яка залежить від профілю головки, форми каналу та розмірів вихідного отвору. Така деталь повинна задовольняти наступним вимогам: підтримувати необхідний тиск на виході з формуючого отвору, мати гладку поверхню каналів для плавного проходження матеріалу через них та забезпечувати необхідний розподіл швидкостей розплаву на виході з головки, що має бути максимально однорідним.

Будова формуючої головки залежить від матеріалу що екструдуються, форми яку необхідно отримати, ступеню розбухання екструдату, тиску та гідравлічного опору шару полімеру.

Формуюча головка, в основному, складається з каналів що формуються із вхідних, розподільовальних і формуючих ділянок тобто формуючої матриці та дорну. Формуюча матриця у свою чергу може складатися з декількох деталей (основи та наконечника) як і дорн (основи, опори та наконечника) а не бути повністю суцільними.

3.2 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

Сушарка.

За конструкцією запропонована сушарка шахтного типу із завихрювачами відрізняється від стандартної шахтної сушарки спеціально встановленими трубопроводами з отворами, із поличною відсутністю полиць, більшим робочим об'ємом та наявністю рухомого шару, із циліндричною формою корпусу та відсутністю обертового пристрою а від стрічкової меншими габаритними розмірами та відсутністю рухомих частин всередині апарата (Таблиця 3.1).

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						21
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика реакторів із мішалкою

Основні технологічні показники	Шахтна сушарка із завихрювачами	Шахтна сушарка	Барабанна сушарка	Полична сушарка	Стрічкова сушарка
Висота/довжина, мм	3460 (8)	2250 (9)	6000 (5)	1500 (12)	10000 (3)
Діаметр/ширина, мм	1000 (10)	1000 (10)	1000 (10)	2000 (8)	2700 (7)
Об'єм, м ³	3,5 (11)	4 (10)	4,7 (7)	4,7 (7)	54 (2)
Маса, кг	3250 (9)	3000 (10)	3700 (8)	4000 (7)	15000 (3)
Внутрішні пристрої	Завихрювачі (7)	-	-	-	Рухома стрічка (5)
Сума балів	45	39	30	33	20

Висновки: щоб забезпечити необхідний час сушіння відпрацьованого поліетилену та подолання більшого гідравлічного опору шару поліетилену ми використовуємо дану сушарку із завихрювачами. Висока шахта забезпечить необхідний час сушіння а завихрювачі що встановлені всередині апарату забезпечать подачу теплоагента та його циркуляцію у шарі матеріалу.

Формуюча головка

За конструкцією запропонована круглощільова формуюча головка яка відрізняється від плоскощільової формою каналу, від круглощільової головки зі спіральними каналами відсутністю відповідних каналів та від кутової кільцевої головки відсутністю регулювання кутового повороту каналу (Таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика формуючих гооовок

Основні технологічні показники	Круглощільова головка з гладким каналом	Круглощільова головка зі спіральними каналами	Кутова кільцева головка	Плоскощільова головка
Гідравлічний опір (МПа)	12(11)	14(9)	15(8)	13(10)
Розміри	(10)	(10)	(9)	(7)
Рівномірність розподілу розплаву	(10)	(11)	(7)	(10)
Маса, кг	(10)	(10)	(9)	(8)
Сума балів	41	40	33	35

Висновки: для забезпечення рівномірного розподілу розплаву по каналу аби гарантувати рівний гідравлічний опір по перерізу ми виберемо круглощільову головку, а так як нам не потрібна висока точність гідравлічного опору по перерізу ми застосуємо плоскощільову формуючу головку з гладким каналом так як головка зі спіральними каналами має більший гідравлічний опір. Застосування у даному випадку для виробництва спіненого поліетилену плоскощільової головки не доречно через більші габаритні розміри, а кутової головки через складність конструкції, набагато більший гідравлічний опір та не рівномірність розплаву по перерізу каналу.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Для виготовлення сушарки та допоміжних конструкцій апарата вибираємо сталь марки 08X18H10T аустенітного класу. Прокат цієї марки сталі

володіє гарними антикорозійними властивостями, працює в агресивних середовищах що необхідно для нашого апарата через наявність у ньому вологи.

Сталь 08X18H10T має такі характеристики як жаростійкість і корозійностійкість. Вона є однією з найпоширеніших і найбільш використовуваних марок високолегованих нержавіючих сталей. Через наявність в її складі хромо-нікелевої групи володіє нержавіючими властивостями. Ця сталь широко відома під назвою «технічна нержавійка».

Нержавіючий металопрокат зі сталі 08X18H10T отримав своє масове застосування практично у всіх галузях виробництва і будівництва по всьому світу. Хороша зварюваність, фізичні і хімічні властивості сталі 08X18H10T дозволяють застосовувати металопродукцію зі сплаву і в медицині і в атомній енергетиці. Нафто-газовий комплекс повсюдно використовує цю сталь.

Фізичні характеристики сталі 08X18H10T:

границя короточасної міцності $[\sigma_B] = 510$ МПа;

границя пропорційності $[\sigma_T] = 205$ МПа;

допустиме напруження $[\sigma] = 168$ МПа;

твердість по Брінелю $HB = 179$ МПа;

теплопровідність $\lambda = 16$ Вт/(м · К);

густина $\rho = 7900$ кг/м².

Інші деталі (опори, вушка) виготовляємо з відносно дешевої сталі Ст3сп [2]. Болти виготовляються із вуглецевої сталі марки 35Х [3], які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами. Шайби виготовляються із сталі Ст3 [4]. Прокладки виготовляються із пароніту ПОН-А ГОСТ 461-80 [5]; прокладка такого типу використовується при температурі до 450°C та умовному тиску, який не перевищує 4,5 МПа, тобто задовольняє вимогам даного апарата.

Враховуючи вимоги, вибираємо для формуючої головки сталь конструкційну для металевих конструкцій 40Х [6].

Механічні властивості

тимчасовий опір розриву σ_B , МПа – 1000 ;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

границя плинності σ_t , МПа – 940;

відносне подовження δ , % – 25.

Всі кріпильні вироби (болти, гайки, шайби) необхідно виготовити зі сталі 35 [3].

3.4 Патентний огляд конструкцій апаратів

Сушарки.

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Для докладного аналізу було обрано патенти [7-11].

Корисна модель [7] належить до сільськогосподарської техніки, зокрема до шахтних сушарок зерна для сушіння зерна і насіння зернових, зернобобових, круп'яних культур в період їх післязбиральної обробки (Рисунок 3.3).

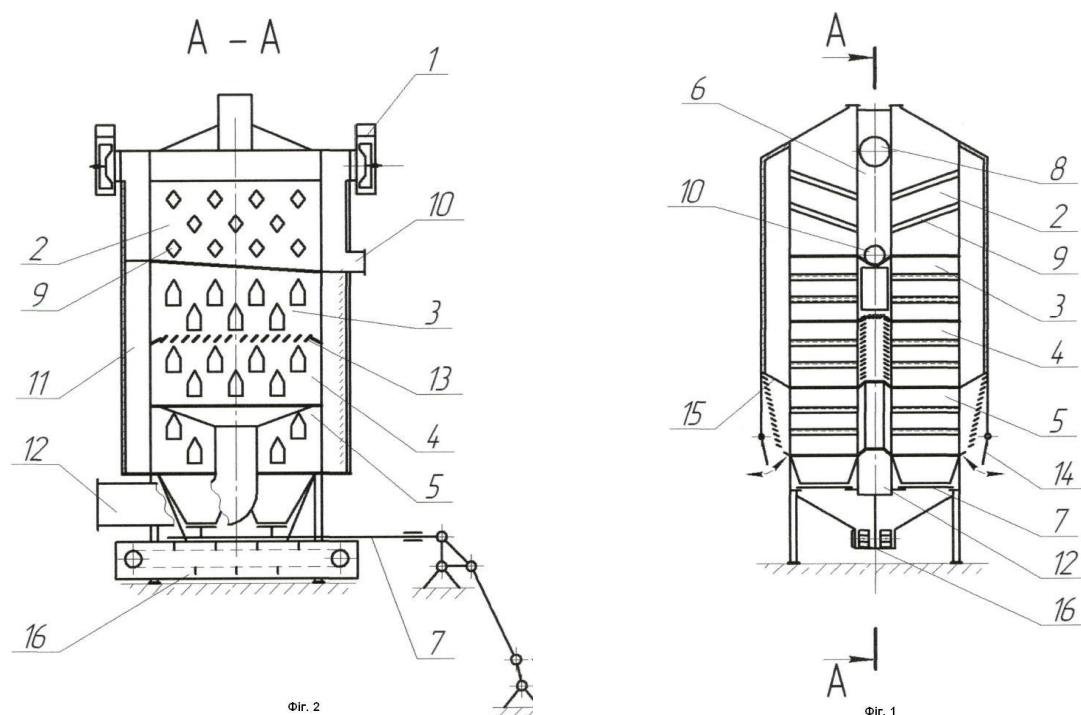
Дана шахтна сушарка зерна складається з вентилятора, надсушильних бункерів, секцій першої і другої зон сушіння, секцій охолодження, патрубків з'єднання з повітропроводом теплогенератора, розвантажувальних пристроїв.

Сушарка зерна шахтна працює наступним чином. Зерно, яке підлягає сушінню, подається у надсушильний бункер 2, де протікаючи між повітропроводами 9, частково нагрівається і направляється у секції 3 першої зони сушіння, де пронизується теплим повітрям, підігрітим за рахунок нагрітого зерна при його охолодженні у секціях 5 охолодження, яке подається вентилятором 1 по повітропроводам 11. З секції 3 першої зони сушіння зерно надходить у секцію 4 другої зони сушіння, де продувається гарячим повітрям, яке подається вентилятором 1 через повітропровід 12. Після секції 4 другої зони сушіння висушене зерно просипається до секції 5 охолодження, де охолоджується атмосферним повітрям, яке продувається через шар зерна. З секції 5 охолодження зерно через горловини вивантажувального пристрою 7, просипається до скребків скребкового транспортера 16, яким остаточно виводиться за межі сушарки.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Перевагами даного апарата є те що завдяки повітропроводам, які з'єднують секції першої зони сушіння та секції охолодження, забезпечується використання тепла нагрітого зерна для попереднього підсушування у першій зоні сушіння. Глухими перетинками, якими секції охолодження відокремлюються від інших секцій, унеможлиблюється перемішування холодного атмосферного повітря з відпрацьованим теплоносієм із секцій першої та другої зон сушіння. Під'єднання повітропроводу теплогенератора до нижньої частини з'єднувальної секції шахтної сушарки дає можливість ефективно забезпечити роботу секцій першої та другої зони сушіння без викиду відпрацьованого теплоносія у навколишнє середовище.

Недоліками даної сушарки є складність конструкції, велика кількість деталей всередині що ускладнює очистку апарата та наявність двох вентиляторів для продувки.



1-вентилятори; 2-надсушильні бункери; 3-секції першої зони сушіння; 4-секції другої зони сушіння; 5-секції охолодження; 6-з'єднувальна секція; 7-розвантажуючий пристрій; 8-патрубки; 9-повітропроводи; 10-патрубок для відводу конденсату; 11,12-повітропроводи; 13-жалюзійна решітка; 14-регулюючі заслінки; 15- глухі перетинки; 16-скребковий транспортер.

Рисунок 3.3 – Схема шахтної сушарки зерна

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

У патенті [8] представлено корисну модель (Рисунок 3.4) що належить до області сільського господарства, а саме до пристроїв сушіння.

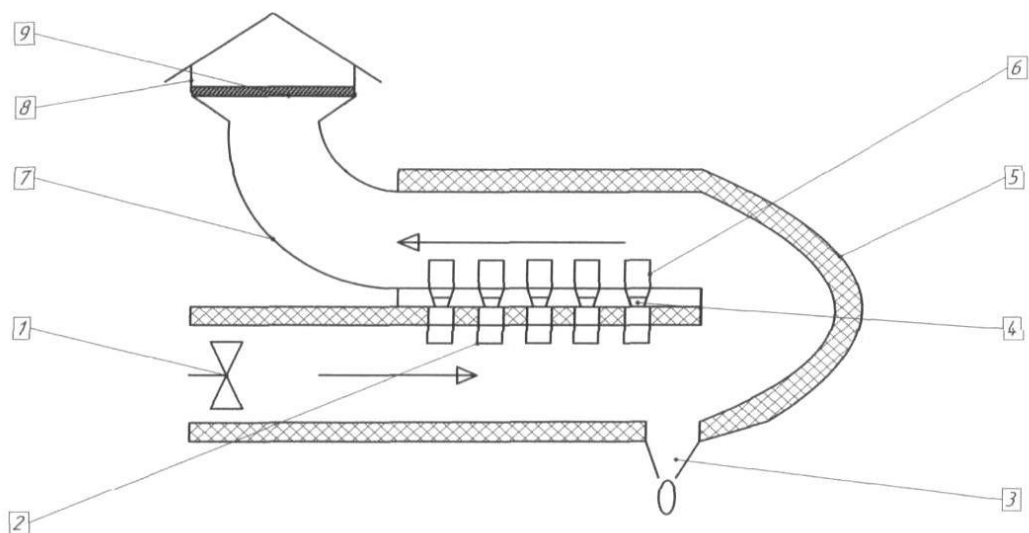
Даний апарат складається з повітропідігрівача, вентилятора, сушильної камери з решітчастою основою для розміщення матеріалу, який висушується, і яку розміщено та закріплено всередині корпусу сушильної камери, патрубок та дифузор для під'єднання до тепловентиляційного агрегата.

Пристрій працює таким чином. Повітря, під дією вентилятора 1, через охолоджувач-підсушувач 2 рухається до повітропідігрівача 6, охолоджувач-підсушувач 2 виконано у вигляді охолоджуючих пластин термоелектричного перетворювача 4 на основі ефекту Пельтьє. При зниженні температури нижче точки роси на охолоджуючих пластинах, після охолоджувача-підсушувача 2 надлишкова волога випадає у вигляді конденсату водяних парів і відводиться за допомогою патрубка відведення конденсату 3, який розташовано у нижній точці повітропроводу 5 для під'єднання охолоджувача-підсушувача 2 до повітропідігрівача 6. Повітря, з якого видалено частину вологи, потрапляє в повітропідігрівач 6 виконаний у вигляді охолоджуваних пластин термоелектричного перетворювача 4 на основі ефекту Пельтьє. Підігріте повітря з низькою відносною вологістю надходить по патрубку з дифузоров 7 крізь решітчасту основу 8 до корпусу сушильної камери 9, де, завдяки низькій відносній вологості повітря, з матеріалу видаляється частина вологи і відводиться разом з потоком повітря.

Перевагами даного апарату є можливість відведення більшої кількості вологи від матеріалу, більший ступінь сушки та менші витрати теплової енергії на сушку.

Недоліками цієї конструкції є наявність всередині апарата рухомих частин та електричних пристроїв (підігрівачів та охолоджуючих пристроїв).

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1-вентилятор; 2-охолодувач-підсушувач; 3-патрубок для відведення конденсату; 4-термоелектричний перетворювач; 5-повітропровод; 6-повтроїдівач; 7-патрубок с дифуззором; 8-решітка; 9-корпус сушильної камери.

Рисунок 3.4 – Схема термоелектричної сушарки

Корисна модель [9] належить до пристроїв сільськогосподарського призначення, а також до харчової та переробної галузей промисловості, у яких сушіння матеріалів і об'єктів відбувається за рахунок використання сонячного, інфрачервоного чи іншого тепла (Рисунок 3.5).

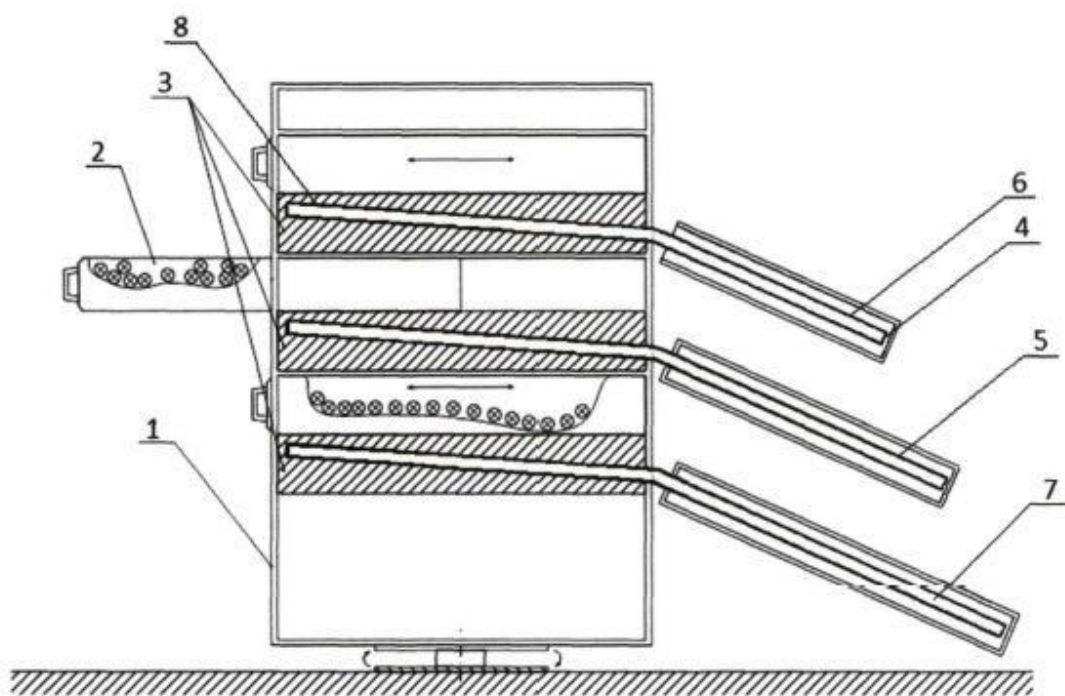
Теплотрубна геліосушарка складається зі стійки-каркаса з рухомими полицями, на яких розташовуються матеріали, які підлягають сушінню; рухомі полиці щільно прилягають до нерухомих полиць, до яких приєднано ряд теплових труб, на внутрішній поверхні яких припечено або притиснуто металоволокнисті капілярні структури.

Теплотрубна геліосушарка працює наступним чином: під впливом сонячного тепла теплоносій у теплових трубах 4 досягає температури

насичення. При цьому відбувається швидке пароутворення теплоносія у зоні нагрівання труби 6, чому сприяє наявність капілярної структури 5, що призводить до значного збільшення тепловіддачі у теплових трубах 4 з капілярними структурами 5, у порівнянні з гравітаційними тепловими трубами (інша назва - "термосифони"). Пар проходить через паровий канал 7 і конденсується у зоні тепловідведення 8, віддаючи тепло рухомих полицям 2, після чого рідина крізь капілярну структуру повертається у зону нагрівання і цикл повторюється.

Перевагою даного апарату є те, що істотно збільшується кількість тепла для нагрівання повітря в сушильних камерах, а також компактність, надійність, ремонтоздатність та кращі техніко-економічні показники при її функціонуванні.

Недоліками даної конструкції є наявність рухомих частин всередині апарата та складність очистки металоволокнистих капілярів теплових труб.



1-стійка каркаса; 2-рухомі полиці; 3-нерухомі полиці; 4-теплові труби; 5,6-капілярні структури; 7-паровий канал; 8-зона тепловідведення.

Рисунок 3.5 – Схема теплотрубно-геліосушарки

Даний винахід [10] відноситься до процесів заморожування та обладнання для видалення вологи з продукту з використанням вакууму та низької температури (Рисунок 3.6). Більш конкретно, винахід відноситься до сублімації сухого об'ємного порошку та, зокрема, фармацевтичних продуктів та інших насипних або порошкоподібних виробів, включаючи ті, що вимагають асептичного оброблення.

Система включає в себе заморожувальну сушильну камеру для зберігання продукту під час процесу сушки-заморожування та одне насипне розпилювальне сопло, підключене до джерела сипучих продуктів. Система додатково включає в себе одне сопло з асептичним заморожуючим агентом підключене до джерела заморожувального агента. Система також включає в себе механізм перемішування у нижній частині камери сублімації для перемішування замороженого продукту, що накопичується в нижній частині камери, нагрівач для нагріву нижніх стінок камери сублімації, конденсаційної камери, що з'єднана із заморожувальною камерою сушіння, що містить поверхні для конденсації пари від вихлопного газу отриманого з морозильної камери сушарки, та вакуумного насоса, що зв'язується з конденсаційною камерою. Система може також включати в себе засоби для введення стерилізаційного засобу в камеру для сушки. Механізм перемішування може включати обертальну машину для перемішування частинок продукту для того щоб переміщувати охолоджений продукт до стін камери для нагрівання.

Дана сушарка працює наступним чином. Розпилювальні сопла 212 з'єднані з джерелом 211 рідкого продукту. Сопла розташовані для розпилення продукту в ємності для сублімаційної сушки 210. Розпилення продукту призводить до дисперсії дрібних частинок в ємності для сублімаційної сушки 210. Інший набір розпилювальних сопел 214 виконаний з можливістю розпилення асептичного заморожуючого агента, такого як стерильний LN2 (рідкий азот), з розпорошеним рідким продуктом. Розпилений рідкий продукт замерзає, коли стерильний LN2 випаровується і поглинає тепло від рідкого

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продукту в ємності для сублімаційної сушки 210. Распилувальні сопла 214 з'єднані з джерелом 213 асептичного заморожування.

Використання стерильного LN2 як холодного джерела уможливорює безпосередній контакт асептичного розпорошеного продукту з холодним джерелом або заморожуючим агентом без забруднення. В іншому варіанті замість LN2 використовують холодний стерильний газоподібний азот. Розміри морозильної камери такі, що для контакту продукту з заморожуючим речовиною допускається достатня кількість часу, щоб забезпечити можливість заморожування продукту до того, як він досягне дна камери. Рідкий розпилено-заморожений продукт збирається на дні ємності для сушіння виморожуванням 210 у вигляді замороженого порошку, в той час як газоподібний заморожуючий агент випускається з посудини.

Процес заморожування спреєм призводить до утворення дрібних частинок продукту, які швидко заморожуються, тому що менші частинки мають набагато більше відношення площі поверхні до маси і, отже, мінімальний опір входу тепла. Ця властивість також прискорює процес сушіння. Суспензійний сушильний апарат 210 може бути попередньо охолоджений для запобігання розморожування частинок при контакті зі стінками посудини або допоміжними деталями. Сушарка для сублімаційної сушки 210 також може бути охолоджена під час розпилення і наступних стадій для підтримки порошку в замороженому вигляді, коли додатковий продукт розпорошується і заморожується в посудині.

Судно може бути охолоджене, щонайменше частково, шляхом пропускання охолодженого теплоносія 219, такого як масло через теплообмінники 230, розташовані для нагріву або охолодження сушильної камери 210. Теплоносій охолоджується в теплообміннику 218 холодним N2 з конденсатора 216. Стадія заморожування завершується, коли достатня кількість рідкого продукту піддана розпилювальному заморожуванню та зібрана в нижній частині посудини 210. Потім у ємність для сублімаційної сушки 210

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

створюють вакуум. Вакуумний насос 260 може сполучатися з конденсатором 250, який, в свою чергу, може бути з'єднаний з посудиною 210 для сублімаційної сушки, відкриваючи клапан 256. У цьому випадку посудину 210 для сублімаційної сушки піддається вакуумному тиску за допомогою роботи вакуумного насоса 260 і відкриття клапана 256 між конденсатором 250 і посудиною 210 для сублімаційної сушки.

Після вакуумування камери в стінки судини вводять тепло. Ті ж теплообмінники 230 або різні теплообмінники можуть бути розташовані в нижній частині ємності для подачі тепла через стінки судини до замороженого порошку. Рідке середовище 219 теплопередачі, що проходить через теплообмінники 230, нагрівається масляним нагрівачем 271. Альтернативно, ємність може бути безпосередньо нагріта з використанням електричного опору або інших методів. Щоб переміщати частинки замороженого продукту на стінки барабана для нагріву, при запобіганні агломерації продукту, заморожений порошок перемішується.

В одному варіанті здійснення механізм повільного перемішування включає в себе мішалку 235 в нижній частині ємності. Механізм повільного перемішування додатково включає в себе двигун 236 і приводний вал 237. Приводний вал проходить через герметичне отвір в ємності 210, дозволяючи встановлювати двигун зовні судна, підтримуючи асептичне середовище всередині.

В іншому варіанті здійснення механізм перемішування магнітно пов'язаний із зовнішнім приводним двигуном, уникаючи використання ущільнень. У варіанті здійснення, в якому продукт перемішують мішалкою, верхня пластина 303 може підтримувати двигун 336 і приводну шестерню 337 для приводу мішалки, що містить спіральну лопать 335. Лезо 335 має форму для переміщення продукту, який знаходиться поблизу верхньої стінки судини 302 і нижньої стінки 301 резервуара. Лезо обертається в безпосередній

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

близькості зі стінками, зводячи до мінімуму мертвий простір між лезом і стінками.

Мішалка підтримується зверху, що усуває необхідність в підшипниковому вузлі на дні посудини, де висушений виморожуванням продукт вивантажується в кінці циклу. Обертальне сопло 340 направляє дезінфікуючий засіб для рідини на внутрішні стінки посудини і верхню пластину. Повну збірку можна стерилізувати через пар (випаровування перекис водню (VHP)) або інший стерилізатор. Оскільки всі компоненти, які контактують з продуктом укладені в ємність для сублімаційної сушки то посудину не потрібно відкривати після кожного циклу для того аби стерелізувати.

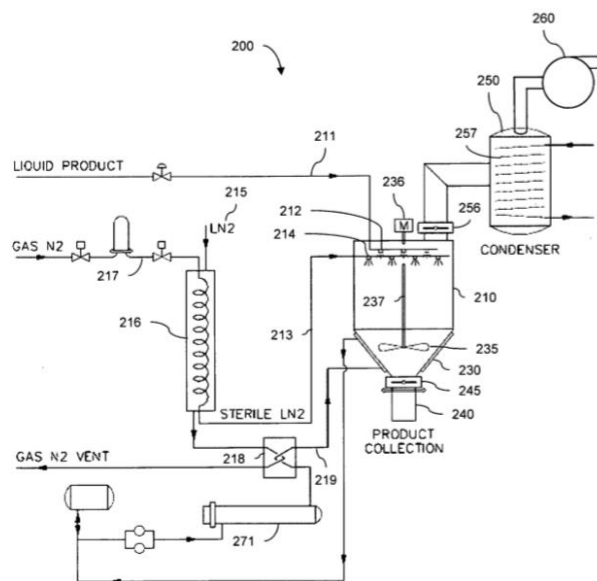
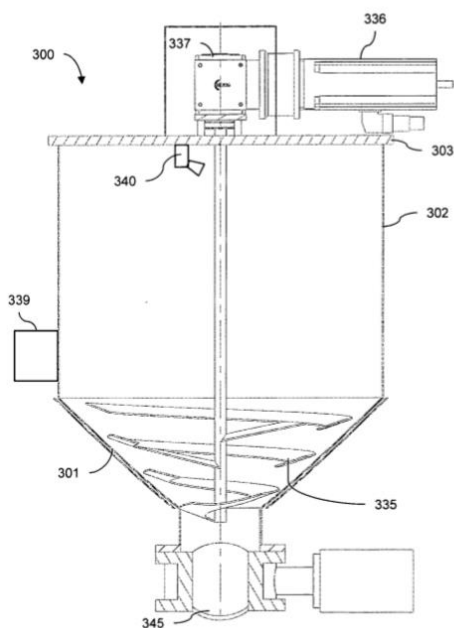
Також на верхній плиті 303 встановлені сопла 212 для розпилення рідкого продукту і сопла 214 для розпилення стерильного морозильного агента. Сопла 212, 214 можуть бути встановлені врівень з внутрішньою поверхнею верхньої плити 303 або злегка втоплені, щоб очистити верхню частину спірального леза 335, коли ця лопать обертається. Альтернативно, сопла 212, 214 можуть проходити у внутрішню частину посудини 300, а спіральне лезо 335 може бути виконано з можливістю забезпечення зазору для сопел.

У ще одному варіанті здійснення процес заморожування спреєм відбувається в окремій ємності, і заморожений порошок переноситься в посудину 300. Випускна пластина або клапан 345 на нижньому кінці ємності відкривається після кожного циклу для вивантаження замороженого продукту. Коли віна закрита, випускна пластина або клапан знаходяться в безпосередній близькості від спірального леза 335, щоб уникнути мертвого простору.

Перевагами даного апарата є безперервність, здатність підтримувати асептичне середовище на протязі кількох циклів та більша поверхня теплообміну за рахунок розпилювальних систем.

Недоліками даної схеми сушарки є складність конструкція та велики енергетичні витрати.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



200-система морозильного сушіння; 210-сублімаційна сушарка; 211-джерело рідкого продукту; 212-розпилювачі; 213-джерело асептичного заморожуючого агенту; 215-рідкий азот; 216-конденсатор; 217-труба подачі азоту; 218-теплообмінник; 219- труба подачі охолодженої рідини; 230-сорочка; 235-пермішуючий пристрій; 236-двигун; 237-привідний вал; 240-знімна накопичувальна каністра; 245-клапан; 250-кондесатор; 256-клапан; 257-змійовик; 260-вакуумний насос; 271-маслонагрівач; 300-сушарка; 301-конічне днище; 302-циліндрична обичайка; 303-верхня плита; 335-спіральне лезо; 336-двигун; 337-трансмiсія; 339- вібраційний механізм; 340- обертальне промивне сопло; 345-клапан;

Рисунок 3.6 – Схема сублімаційної сушарки

Даний винахід [11] відноситься до способу сушіння твердих сипучих матеріалів з газом в псевдозрідженому шарі та швидкісній сушарці (Рисунок 3.7), який здійснює метод, що може бути застосований у будівельній зоні, в хімічній промисловості, в металургії, в гірничодобувній промисловості, на ділянці видобутку вугілля, в харчовій промисловості та інших галузях промисловості, де потрібно сушити тверді сипучі матеріали такі як пісок, вапно, вугілля, руди, добрива тощо.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

34

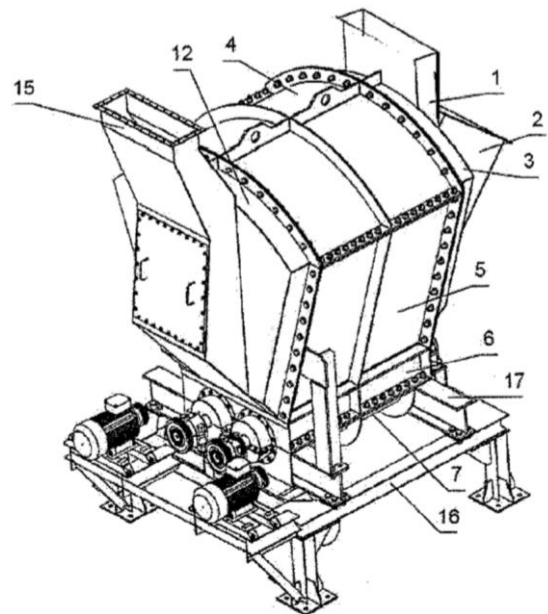
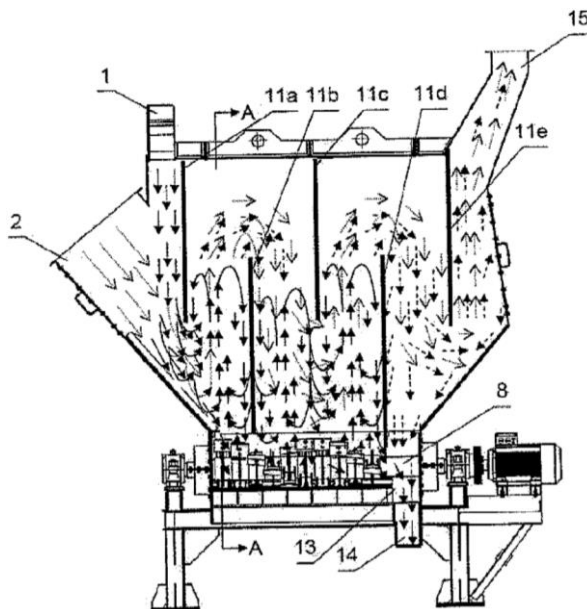
Швидкісна сушарка для твердих сипучих матеріалів з газом в псевдозрідженому шарі включає у себе корпус, що складається з стін, бічної кришки для входу в сушарку, бічної кришки для виходу з сушарки, корпус, що містить верхню кришку, дно, з'єднане з прямокутною коробкою, в якій дно містить два прохідні канали в формі жолоба з двома обертальними валами що змонтовані в згаданих вище каналах у формі жолоба, де лопаті жорстко закріплені на валах та містять змінні наконечники на їх кінцях, лопаті розташовані по черзі рівномірно на валах з бічним переміщенням, а також складається з каналу для подачі твердих сипучих матеріалів та каналу для подачі гарячого газу, каналу для відпрацьованого газу, каналу для виходу сухого твердого матеріалу та перегородок, що формують об'ємні робочі простори.

Осушувач працює наступним чином. Сипучий твердий матеріал подається в сушарку через прямокутний канал 1. З каналу 1 об'ємний твердий матеріал входить в об'єм між бічною кришкою 3 вхідного сектора і перегородкою 11а, де він забирає гарячий сухий газ, що надходить через прямокутний канал 2. Через високу швидкість руху газу, яка близька до точки переслідування руху твердих частинок із середнім значенням для діаметра полідисперсної системи, частинки того ж матеріалу з меншим розміром формують разом з ним (газом) тверду газоподібну суміш, яка проходить через прямокутний отвір вертикальної перегородки 11а і входить у перший об'ємний робочий простір тіла, який утворено між стінками 5 і перегородками 11а і 11В. Великі частинки твердого матеріалу падають на дно каналу 2 і ковзають вниз по похилій стінці в просторі вала відповідного першого об'ємного робочого простору в тілі.

Перевагам даного апарата є досить висока швидкість сушіння, здатність сушити подрібнений матеріал різного діапазону розмірів частинок та простота в обслуговуванні та очистки.

Недоліком даної конструкції є її громісткість та досить не високий ступінь висушування.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35



1-канал для подачі твердих сипучих матеріалів; 2-канал для подачі гарячого газу; 3-бічна кришка; 4-верхня кришка; 5-стіни корпусу; 6-прямокутна коробка; 7-днище; 8-обертальні вали; 9-лопаті; 10-змінні наконечники; 11a, 11b, 11c, 11d-, 11e-перегородки; 12-бічна кришка; 13-прямокутний випускний отвір для висушеного твердого матеріалу; 14-канал для виходу твердого висушеного матеріалу; 15-канал для відпрацьованого газу; 16-поздовжні балки опори; 17-поперечні рейки опори;

Рисунок 3.7 – Схема швидкісної сушарки

Формуючі головки.

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Для докладного аналізу було обрано патенти [12-16].

Корисна модель [12] належить до обладнання для переробки полімерних матеріалів у труби та вироби, що отримують роздувом, і може бути застосована в хімічній, нафтохімічній та будівельній промисловості (Рисунок 3.8).

Кільцева екструзійна головка відповідно до заявленої корисної моделі складається з корпусу, дорнотимача, адаптера між екструдером та головкою. Дорнотримач містить канали розподілу розплаву полімеру - радіальні канали; -

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

36

поздовжні пази для перетоку розплаву з радіального каналу у кілька гвинтових канавок на циліндричній поверхні дорнотримача.

Кільцева екструзійна головка відповідно до заявленої корисної моделі працює таким чином. Розплав полімеру шнеком екструдера подається в адаптер головки і під дією тиску рухається через центральний канал у радіальні, потім у гвинтові канавки. Загальний гідравлічний опір головки визначається як сума гідравлічних опорів центрального каналу, радіальних отворів, гвинтових канавок.

Перевагою даного формуючого інструменту є менший гідравлічний опір течії розплаву у радіальних каналах, що зменшує гідравлічний опір всієї кільцевої екструзійної головки.

Недоліком даної формуючої головки є складність виготовлення пазів у дорнотримачі.

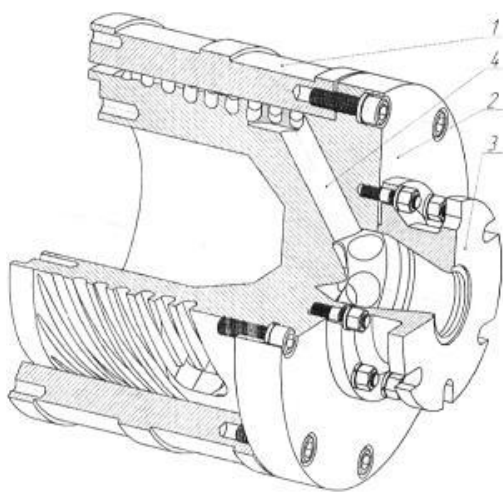


Fig. 2

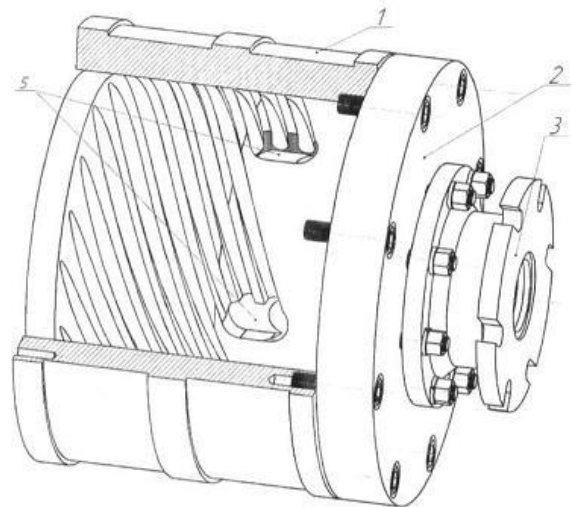


Fig. 3

1-корпус; 2-дорнотримач; 3-адаптер; 4-радіальні канали; 5-поздовжні пази.

Рисунок 3.8 – Схема кільцевої екструзійної головки

Корисна модель [13] належить до обладнання для перероблення полімерних матеріалів, зокрема до екструзійної техніки (Рисунок 3.9), і може бути використана в пристроях для адитивного виготовлення об'ємних виробів з полімерних матеріалів (у 3D-принтерах).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

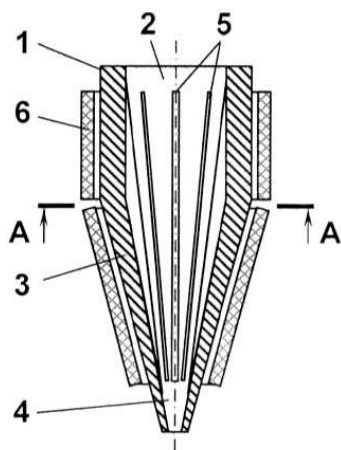
37

Екструзійна головка містить корпус з циліндричним каналом та розташоване на його виході сопло з конічним каналом, при цьому на поверхнях циліндричного каналу корпусу та конічного каналу сопла виконано поздовжні ребра, що на своїх кінцях сходяться нанівець. Ззовні корпусу та/або сопла змонтовано електронагрівник. Для підвищення технологічності корпус і сопло можуть бути виготовлені як окремі деталі, з'єднані між собою, наприклад, за допомогою різьби.

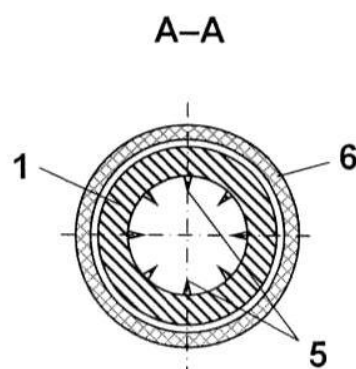
Екструзійна головка працює в такий спосіб. Перероблюваний полімерний матеріал потрапляє в циліндричний канал 2 корпусу 1 у розплавленому або твердому вигляді, після чого за рахунок електронагрівника 6 починає нагріватися. Завдяки наявності поздовжніх ребер 5 забезпечується передача теплоти від корпусу 1 та/або сопла 3 майже по всьому поперечному перерізу полімерного матеріалу, що пришвидшує його прогрів до потрібної температури.

Перевагами даної конструкції формуючого пристрою є краща ефективність головки, висока якість одержуваної продукції та простота конструкції.

Недоліком даної конструкції є наявність всередині апарата поздовжніх ребер які є осередками застійних зон.



Фіг. 1



Фіг. 2

1-корпус; 2-циліндричний канал; 3-сопло; 4-конічний канал; 5-поздовжні ребра.

Рисунок 3.9 – Схема екструзійної головки

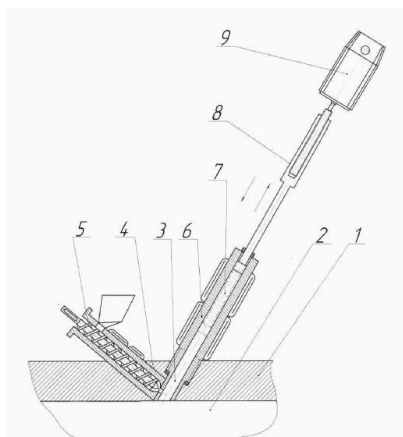
Корисна модель [14] належить до обладнання для переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема до екструзійного обладнання, і може бути використана у технологічних лініях з виготовлення профільних виробів різноманітної конфігурації (Рисунок 3.10).

Екструзійна головка містить корпус з виконаним в ньому каналом для течії розплаву полімеру. В тілі корпусу виконано щонайменше один додатковий канал, який з'єднує канал для течії розплаву полімеру з вузлом додаткового живлення. Останній включає в себе черв'ячний пластифікатор та циліндр зі штоком, який має можливість зворотно-поступального переміщення за рахунок передачі "гвинт-гайка" від обертового руху валу двигуна.

Корисна модель працює таким чином: розплав полімеру рухається по каналу 2 для течії розплаву в корпусі головки 1 під заданим тиском. В цей час черв'ячний пластифікатор 5 готує суміш полімеру з ІД (Інтелектуальні датчики), підтримуючи в додатковому каналі 3 тиск, рівний тиску у каналі 2, в той час як шток 7 відходить назад під дією обертового руху вала двигуна 9 та передачі гвинт-гайка 8. При цьому циліндр 6 заповнюється сумішшю полімеру з ІД.

Перевагою даної конструкції є можливість за допомогою ІД контролювати напружено-деформований стан полімерного виробу та інші параметри.

Недоліками даної головки є складність конструкції та наявність рухомих частин в апараті.



1-корпус; 2-канал; 3-додатковий канал; 4-вузол додаткового живлення; 5-черв'ячний пластифікатор; 6-циліндр; 7-шток; 8-гвинт-гайка; 9-двигун.

Рисунок 3.10 – Схема екструзійної головки

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

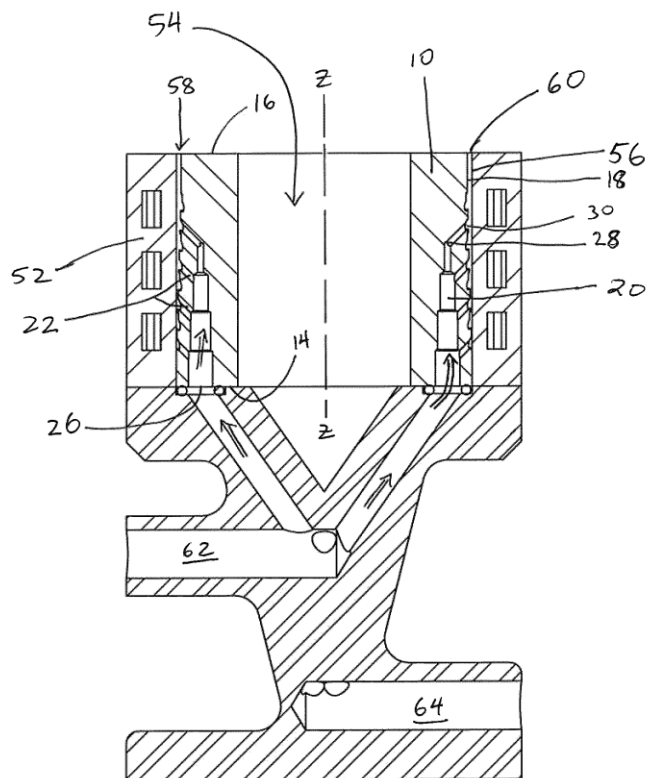
Корисна модель [15] належить до обладнання для переробки термопластичних полімерів та композицій на їх основі, зокрема до екструзійного обладнання (Рисунок 3.11).

Оправлення для матриці, що використовується при виробництві багатошарової плівки має корпус матриці з поздовжнім отвором для прийому мандрелі, а також має канал для розплаву, утворений між мандреллю та внутрішньою поверхнею корпусу матриці. Мандрель містить корпусну частину, що має поздовжню вісь, причому частина корпусу має верхню поверхню і нижню поверхню із зовнішньою поверхнею, що проходить між корпусом та одним або декількома каналами розподілу потоку, орієнтованими в основному в поздовжньому напрямку всередині зазначеної частини корпусу, так що один або кілька каналів для розподілу потоку відкриті для нижньої поверхні зазначеної частини корпусу для з'єднання текучого середовища з джерелом розплаву у вигляді безлічі каналів смоли в межах зазначеної частини корпусу. Кожен із зазначених каналів смоли має перший кінець, що з'єднаний з текучим середовищем одного із зазначених каналів і другий кінець відкритий для зовнішньої поверхні зазначеної частини корпусу, що дозволяє потоку розплаву із зазначеного потоку розподільного каналу проходити до зазначеної зовнішньої поверхні, що представляє собою безліч розподільників потоку розташованих на зазначеній зовнішній поверхні мандрелі, причому кожен з розподільників потоку функціонально пов'язаний з другим кінцем одного зі згаданих канавок розплаву і виконаний з можливістю надання напрямлення потоку розплаву, що виходить зі згаданого каналу розплаву. Також містить зовнішню поверхню зазначеної частини корпусу і внутрішні канали для розплаву.

Перевагою даної конструкції є рівномірність розподілу розплаву по каналу.

Недоліком даної конструкції є дуже великий гідравлічний опір всередині, складність виконання зовнішньої поверхні мандрелі та складність очистки.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



10-мандрель; 14-нижня площина; 16-верхня площина; 18-зовнішня поверхня мандрелі; 20-пропускний канал; 22-смоляні канали; 26-отвори; 28-внутрішні кінці пропускних каналів; 30-отвори; 52-зовнішній корпус матриці; 54-поздовжній отвір; 56-внутрішня поверхня; 58-пропускний канал для розплаву; 60-отвір між мандреллю та корпусом матриці; 62,64 -отвори для подачі розплаву.

Рисунок 3.11 – Схема екструзійної головки

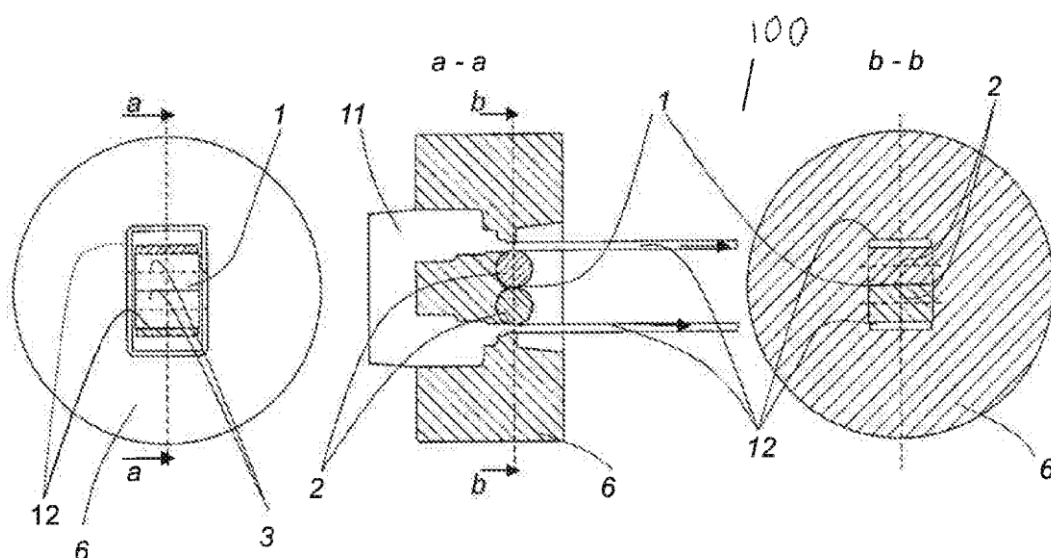
Винахід [16] відноситься до пристрою і способу, що забезпечує промислове безперервне пресування, так звану екструзію пластмасових, термічно формованих матеріалів, таких як метал, композитний метал, пластик, композит або каучук (Рисунок 3.12).

Дана екструзійна головка складається з фіксованої частини інструменту зі статичними опорними поверхнями і двома вбудованими обертовими матрицями, які у співпраці утворюють вихідний матеріал з двома пресованими гладкими профілями.

Даний пристрій працює наступним чином. Матеріал безперервно подається у простір між ротаційними штампами та статичними матричними елементами та пресується до відповідної форми в залежності від профілю ротаційних штампів.

Перевагою даної конструкції є краща продуктивність, більша пропускна швидкість матеріалу за рахунок роторних штампів та менший гідравлічний опір на виході зі штампу.

Недоліком даної конструкції є наявність рухомих деталей всередині.



1-контактні поверхні; 2-ротаційні штампи; 3- ділянки форми; 6- статичні матричні елементи; 11-матеріал що деформується; 12-готовий профіль.

Рисунок 3.12 – Схема екструзійної головки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

42

4. Розрахунки що підтверджують працездатність та надійність конструкції апаратів

4.1 Визначення основних геометричних розмірів сушарки

Мета розрахунку: визначення об'єму апарату, опору фільтруючого шару та основних геометричних та конструктивних параметрів апарата.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1

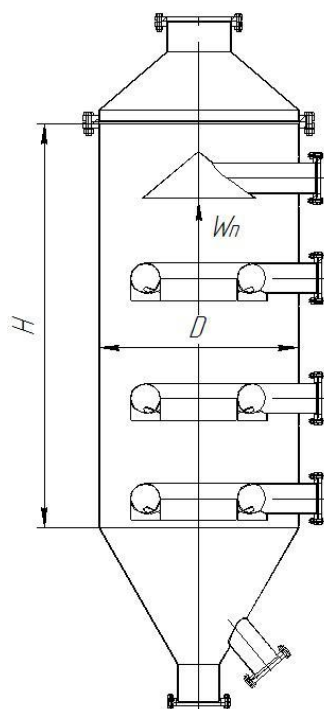


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема апарата

Вихідні дані:

Продуктивність по готовому продукту G , кг/год	500;
Еквівалентний діаметр гранул поліетилену $d_{\text{екв}}$, м	0,005;
Густина поліетилену $\rho_{\text{п}}$, кг/м ³	919;
Густина насипу $\rho_{\text{н}}$, кг/м ³	220;
Початкова вологість поліетилену ω_1 , %	2,7;
Кінцева вологість поліетилену ω_2 , %	1,2;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Кінцевий вологовміст повітря d_1 , кг/кг	0,033;
Кінцевий вологовміст повітря d_2 , кг/кг	0,009;
Початкова температура теплоносія $t_{\text{пов}1}$, К	328;
Кінцева температура теплоносія $t_{\text{пов}2}$, К	308;
Початкова температура поліетилену $t_{\text{п}1}$, К	293;
Кінцева температура поліетилену $t_{\text{п}2}$, К	323;
Питома теплота пароутворення води r_v , Дж/кг	$2258 \cdot 10^3$;
Питома теплоємність поліетилену c_p , Дж/(кг·К)	1550.

Розрахунок ведемо по методиці, приведений в [17].

Визначаємо продуктивність по готовому продукту за секунду:

$$G_2 = \frac{G}{3600} = \frac{500}{3600} = 0,139, \text{ кг/с.}$$

Кількість вільної води яка випаровується у процесі сушіння:

$$W = G_2 \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 0,139 \cdot \frac{2,7 - 1,5}{100 - 2,7} = 2,141 \cdot 10^{-3}, \text{ кг/с.}$$

де G_2 – продуктивність по готовому продукту, кг/с; ω_1 – початкова вологість матеріалу, %; ω_2 – вологість готового продукту %.

Тоді продуктивність сушарки по вихідному матеріалу складе:

$$G_1 = G_2 + W = 0,139 + 2,141 \cdot 10^{-3} = 0,141, \text{ кг/с.}$$

В процесі сушки маса абсолютно сухого матеріалу не змінюється, якщо немає виносу його частинок або других втрат, тобто:

$$G_{\text{сух}} = G_1 \frac{100 - \omega_1}{100} = G_2 \frac{100 - \omega_2}{100} = 0,139 \cdot \frac{100 - 2,7}{100} = 0,137, \text{ кг/с.}$$

Звідки:

$$G_1 = G_2 \frac{100 - \omega_2}{100 - \omega_1} = 0,139 \cdot \frac{100 - 1,5}{100 - 2,7} = 0,141, \text{ кг/с.}$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Вологість матеріалу по зонам визначають, наприклад, виходячи з однакового часу перебування в них матеріалу. Суха частина агента сушки в процесі не змінюється, якщо немає його витоку або потрапляння повітря ззовні. Тому розрахунок сушильних установок зручніше проводити на 1 кг сухого газу. Таким чином кількість агента сушки буде дорівнювати:

$$L = \frac{W}{d_1 - d_2} = \frac{2,141 \cdot 10^{-3}}{0,033 - 0,009} = 0,089, \text{ кг/с.}$$

де d_1 та d_2 – відповідно кінцевий та початковий вологовміст газу, кг/кг сухого газу.

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\Pi} = \frac{L}{\rho_{\text{пов}}} = \frac{0,089}{1,205} = 0,074, \text{ м}^3/\text{с.}$$

де $\rho_{\text{пов}} = 1,205 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря.

Тепловий баланс сушарки

Прихід теплоти, Вт:

з сушильним агентом

$$Q_1 = L_T \cdot I_{\text{пов}20} = 0,714 \cdot 4,294 \cdot 10^4 = 3,066 \cdot 10^4$$

із сухою частиною поліетилену

$$Q_2 = G_{\text{сух}} \cdot c_{\Pi} \cdot t_{\Pi 1} = 0,137 \cdot 1550 \cdot 20 = 4,254 \cdot 10^3$$

з вологою що випаровується з поліетилену

$$Q_3 = W \cdot t_{\Pi 1} \cdot c_B = 2,141 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 4183 = 179,128$$

теплота що передана повітрю у калорифері

$$Q_{\text{кал}} = L_T \cdot (I_{\text{пов}55} - I_{\text{пов}20}) = 0,714 \cdot (8,652 \cdot 10^4 - 4,294 \cdot 10^4) = 2,555 \cdot 10^4$$

Витрати теплоти, Вт:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із сушильним агентом

$$Q_4 = L_T \cdot I_{\text{пов}35} = 0,714 \cdot 6,597 \cdot 10^4 = 4,71 \cdot 10^4$$

з висушеним поліетиленом

$$Q_5 = G_{\text{сух}} \cdot c_{\text{п}} \cdot t_{\text{п}2} = 0,137 \cdot 1550 \cdot 50 = 1,063 \cdot 10^4$$

де $L_T = 0,714$ кг/с – кількість агента сушки підібрана методом наближення; $c_v = 4183$ Дж/(кг·К) – теплоємність води; $I_{\text{пов}20} = 4,294 \cdot 10^4$ – ентальпія вологого повітря при 20 °С; $I_{\text{пов}55} = 8,652 \cdot 10^4$ – ентальпія вологого повітря при 55 °С; $I_{\text{пов}35} = 6,597 \cdot 10^4$ – ентальпія вологого повітря при 35 °С.

Прихід теплоти загальний Вт:

$$Q_{\text{п}} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_{\text{кал}}) = 3,066 \cdot 10^4 + 4,254 \cdot 10^3 + 179,128 + 2,555 \cdot 10^4 = 6,064 \cdot 10^4$$

Втрати теплоти загальні Вт:

$$Q_{\text{в}} = (Q_4 + Q_5) \cdot 1,05 = 1,05 \cdot (4,71 \cdot 10^4 + 1,063 \cdot 10^4) = 6,064 \cdot 10^4$$

Умова теплової рівноваги сушарки

$$Q_{\text{п}} > Q_{\text{в}}$$

Умова виконується

Вибираємо вентилятор ВРП-3,15.2 продуктивністю 2,7 тис м³/год та який створює різницю тисків до $\Delta p = 1200$ Па.

Визначаємо геометричні розміри апарата

Об'єм апарата, м³:

$$V = \frac{G_1}{\rho_{\text{н}}} \cdot \tau = \frac{0,141}{220} \cdot 2000 = 1,282$$

де $\tau = 780$ с. – за графіком експериментальних даних час сушіння дорівнює (Рисунок 4.2):

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

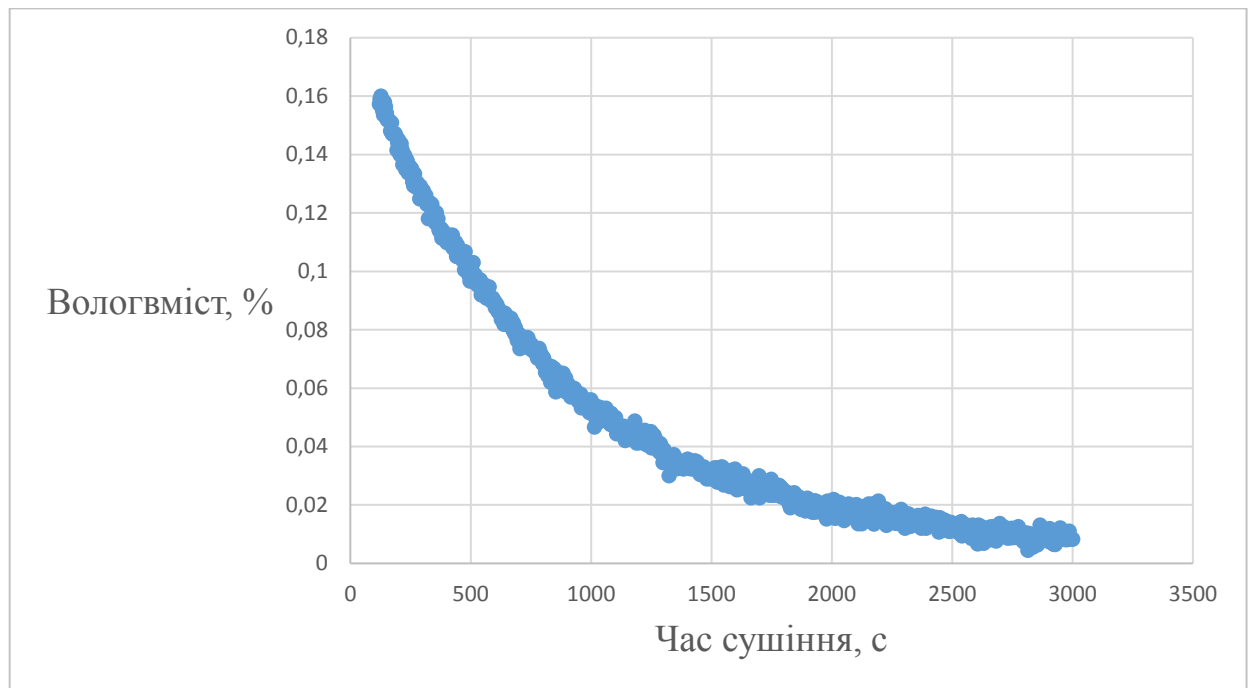


Рисунок 4.2 – Залежність вологовмісту від часу сушіння.

Коефіцієнт проникності (в'язкісний):

$$K_{\mu} = \frac{\mu_{\text{п}}}{A} = \frac{18,1 \cdot 10^{-6}}{923,38710} = 1,96 \cdot 10^{-8}$$

Коефіцієнт проникності (динамічний):

$$K_{\rho} = \frac{\rho_{\text{пов}}}{B} = \frac{1,205}{1542,70938} = 7,811 \cdot 10^{-4}$$

де A, B – коефіцієнти добути експериментальним шляхом (Рисунок 4.3).

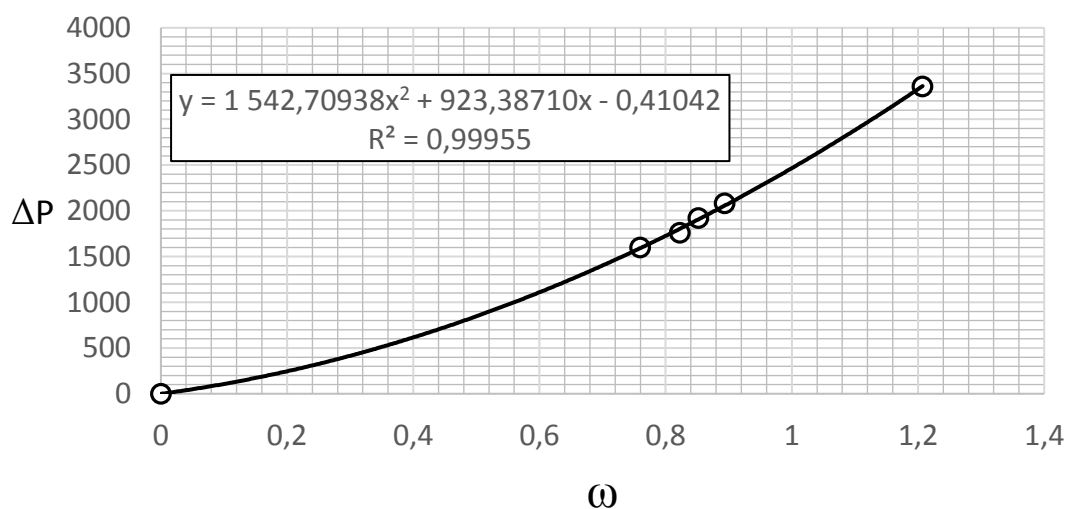


Рисунок 4.3 – залежність опору фільтруючого шару від швидкості повітря

Залежність опору шару подрібненого поліетилену від швидкості повітря:

$$\Delta P = \frac{\mu_{\text{п}}}{K_{\mu}} \cdot \omega + \frac{\rho_{\text{пов}}}{K_{\rho}} \cdot \omega^2$$

Складемо систему з трьох рівнянь з трьома невідомим для визначення основних геометричних параметрів сушарки та швидкості повітря у сушарці:

$$\begin{cases} \omega = \frac{4 \cdot L_v}{\pi \cdot D_S^2} \\ V = D_S^2 \cdot \pi \cdot H_S \\ \Delta p = \Delta P \cdot H_S \end{cases}$$

де $L_v = \frac{L_T}{\rho_{\text{пов}}} = \frac{0,714}{1,205} = 0,593$ – об'ємна витрата повітря

Звідки ми отримаємо:

$\omega = 0,809$ м/с – швидкість повітря в сушарці;

$H_S = 0,683$ м – висота шару;

$D_S = 0,966$ м – діаметр шару;

Висновок: у результаті виконаних розрахунків ми підібрали необхідний вентилятор, визначили опір фільтруючого шару та основні геометричні розміри сушарки.

4.2 Розрахунок опору фільтруючого шару сушарки

Мета розрахунку: визначення фактичного опору шару матеріалу в сушарці.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.4

Вихідні дані:

Коефіцієнт проникності (в'язкісний) K_{ρ} $1,96 \cdot 10^{-8}$;

Коефіцієнт проникності (динамічний) K_{μ} $7,811 \cdot 10^{-4}$;

Швидкість руху теплоносія ω , м/с $0,809$;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Густина повітря $\rho_{\text{пов}}$, кг/м³

1,205;

Динамічна в'язкість теплоносія $\mu_{\text{п}}$, Па·с

$18,1 \cdot 10^{-6}$.

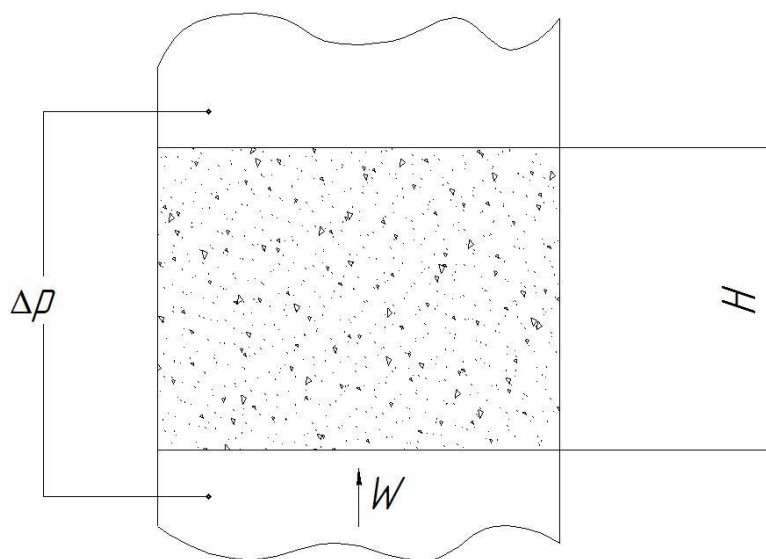


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема

Опір шару матеріалу в сушарці, Па:

$$\Delta P = \frac{\mu_{\text{п}}}{K_{\mu}} \cdot \omega + \frac{\rho_{\text{пов}}}{K_{\rho}} \cdot \omega^2 = \frac{18,1 \cdot 10^{-6}}{1,96 \cdot 10^{-8}} \cdot 0,809 + \frac{1,205}{7,811 \cdot 10^{-4}} \cdot 0,809^2 = 1756,75.$$

Висновок: визначено фактичний опір шару матеріалу $\Delta P = 1756,75$ Па.

4.3 Розрахунок маси сушарки

Мета розрахунку: визначення маси апарата.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.5

Вихідні дані:

Діаметр обичайки $D_{\text{об}}$, м

1;

Висота обичайки $H_{\text{об}}$, м

2,018;

Товщина обичайки $S_{\text{об}}$, м

0,004;

Висота днища $H_{\text{д}}$, м

0,684;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Нижній діаметр днища $D_{\text{дн}}$, м	0,21;
Висота кришки $H_{\text{к}}$, м	0,342;
Верхній діаметр кришки $D_{\text{кв}}$, м	0,32;
Маса завихрювача $m_{\text{з}}$, кг	24;
Маса конусу $m_{\text{к}}$, кг	9;
Маса штуцера з умовним проходом 150 мм $m_{\text{шт}}^{150}$, кг	4,8;
Маса штуцера з умовним проходом 200 мм $m_{\text{шт}}^{200}$, кг	8,7;
Маса штуцера з умовним проходом 300 мм $m_{\text{шт}}^{300}$, кг	14;
Маса фланця $m_{\text{фл}}$, кг	52,58;
Кількість завихрювачів $n_{\text{з}}$	3;
Кількість штуцерів з умовним проходом 150 мм $n_{\text{шт}}^{150}$	5;
Кількість фланців $n_{\text{фл}}$	2;
Густина металу $\rho_{\text{м}}$, кг/м ³	7900;
Насипна густина поліетилену $\rho_{\text{пн}}$, кг/м ³	220.

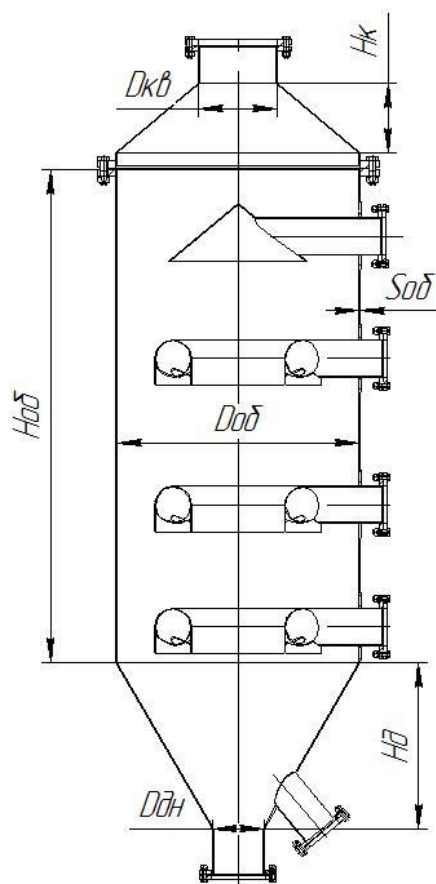


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема апарата

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Визначаємо масу обичайки.

Радіус обичайки, м:

$$R_{об} = \frac{D_{об}}{2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Довжина кола обичайки, м:

$$L_{об} = 2 \cdot \pi \cdot R_{об} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 = 3,142$$

Об'єм обичайки, м³:

$$V_{об} = L_{об} \cdot S_{об} \cdot H_{об} = 3,142 \cdot 0,004 \cdot 2,018 = 0,025$$

Маса обичайки, кг:

$$m_{об} = V_{об} \cdot \rho_m = 0,025 \cdot 7900 = 200,336$$

Визначаємо масу днища.

Верхній радіус днища, м:

$$R_{дв} = \frac{D_{дв}}{2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

де $D_{дв} = D_{об} = 1$ м – верхній діаметр днища.

Нижній радіус днища, м:

$$R_{дн} = \frac{D_{дн}}{2} = \frac{0,21}{2} = 0,105$$

Довжина верхнього кола днища, м:

$$L_{дв} = 2 \cdot \pi \cdot R_{дв} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 = 3,142$$

Довжина нижнього кола днища, м:

$$L_{дн} = 2 \cdot \pi \cdot R_{дн} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,105 = 0,66$$

Площа днища, м²:

$$F_d = L_{дн} \cdot H_d + \frac{(L_{дв} - L_{дн}) \cdot H_d}{2} = 0,66 \cdot 0,684 + \frac{(3,142 - 0,66) \cdot 0,684}{2} = 1,3$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм днища, м³:

$$V_d = F_d \cdot S_d = 1,3 \cdot 0,004 = 5,2 \cdot 10^{-3}$$

де $S_d = S_{об} = 0,004$ м.

Маса днища, кг:

$$m_d = V_d \cdot \rho_m = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 7900 = 41,082$$

Визначаємо масу кришки.

Нижній радіус кришки, м:

$$R_{кн} = \frac{D_{кн}}{2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

де $D_{кн} = D_{об} = 1$ м – верхній діаметр днища.

Верхній радіус кришки, м:

$$R_{кв} = \frac{D_{кв}}{2} = \frac{0,32}{2} = 0,16$$

Довжина верхнього кола кришки, м:

$$L_{кв} = 2 \cdot \pi \cdot R_{кв} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,16 = 1,005$$

Довжина нижнього кола кришки, м:

$$L_{кн} = 2 \cdot \pi \cdot R_{кн} = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 = 3,142$$

Площа кришки, м²:

$$F_k = L_{кв} \cdot H_k + \frac{(L_{кн} - L_{кв}) \cdot H_k}{2} = 1,005 \cdot 0,342 + \frac{(3,142 - 1,005) \cdot 0,342}{2} = 0,709$$

Об'єм кришки, м³:

$$V_k = F_k \cdot S_k = 1,3 \cdot 0,004 = 5,2 \cdot 10^{-3}$$

де $S_k = S_{об} = 0,004$ м.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса кришки, кг:

$$m_k = V_k \cdot \rho_m = 5,2 \cdot 10^{-3} \cdot 7900 = 22,408$$

Визначаємо масу матеріалу в апараті.

Робочий об'єм апарата, м³:

$$V = \pi \cdot R_{об}^2 \cdot H_{об} = 3,14 \cdot 0,5^2 \cdot 2,018 = 1,585$$

Маса матеріалу в апараті, кг:

$$m_{пн} = V \cdot \rho_{пн} = 1,585 \cdot 220 = 348,685$$

Загальна маса сушакри, кг:

$$\begin{aligned} m &= m_{пн} + m_k + m_d + m_{об} + m_z \cdot n_z + m_k + m_{шт}^{150} \cdot n_{шт}^{150} + m_{шт}^{200} + m_{шт}^{300} + m_{фл} \cdot \\ &\quad \cdot n_{фл} = \\ &= 348,685 + 22,408 + 41,082 + 200,336 + 24 \cdot 3 + 9 + 4,8 \cdot 5 + 8,7 \\ &\quad + 14 + 52,58 \cdot 2 = 845,371 \end{aligned}$$

Висновок: у результаті розрахунків було визначено загальну масу сушарки, яка дорівнює $m = 845,371$ кг.

4.4 Розрахунок на міцність циліндричної обичайки сушарки від дії реакцій опорних лап

Мета: підібрати опорні лапи та розрахувати несучу спроможність апарата на дію реакцій опорних лап.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м	1;
Товщина стінки S , м	0,004;
Додаток на розрахункову товщину C , м	0,002;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Кількість опор n	4;
Тиск в середині апарата p , МПа	0,1;
Матеріал обичайки апарата	08X18H10T;
Допустиме напруження матеріалу днища за розрахункової температури $[\sigma]$, МПа	162;
Вага апарата m , кг	846;
Коефіцієнт міцності зварного шва φ	0,9;
Коефіцієнт запасу міцності по межі текучості n_T	1,5;
Відстань між опорою та найближчим швом на обичайці f , м	0,019;
Розміри опорної лапи: g , м	0,094;
h_1 , м	0,176;
b_4 , м	0,12;
l_1 , м	0,115;
e_1 , м	0,093;
Розміри підкладного листа: b_2 , м	0,150;
b_3 , м	0,250;
S_2 , м	0,006.

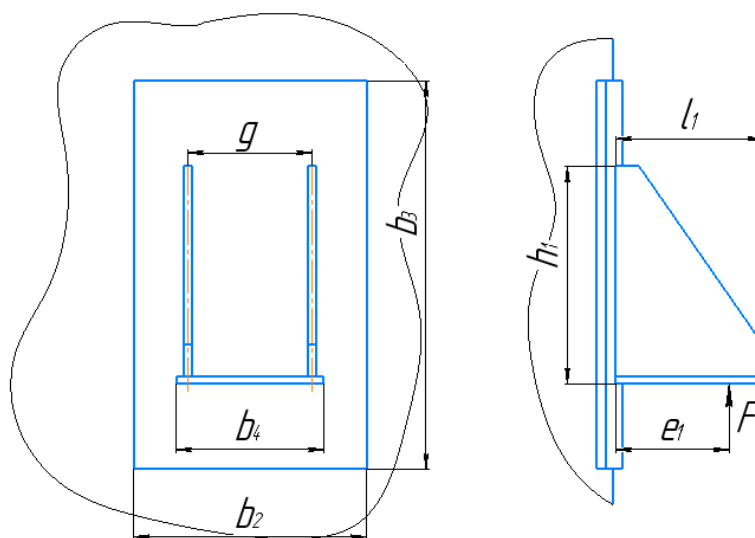


Рисунок 4.6 - Розрахункова схема опорних лап

Розрахунок здійснено за методикою, наведеною у літературі [18].

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Умова застосування формул:

$$\frac{(S - C)}{D} = \frac{(0,004 - 0,002)}{1} = 2 \cdot 10^{-3} \leq 0,05$$

Умова виконується.

Загальні мембранні напруження, МПа:

$$\sigma_{my} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S - C)} = \frac{0,1 \cdot 1}{2 \cdot (0,004 - 0,002)} = 25$$

де С приймаємо по рекомендації з літератури [18].

Коефіцієнт $K_2 = 1,2$ для робочих умов.

Перевірка несучої спроможності вузла приварки опорної лапи циліндричної обичайки без підкладного листа.

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$\vartheta_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\sigma_{my}}{[\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{25}{162 \cdot 0,9} = 0,137$$

Коефіцієнт що відображує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину: оскільки $\vartheta_2 = 0,137 > 0$, то приймаємо $\vartheta_1 = 0,3$.

Коефіцієнт K_1 визначаємо за формулою оскільки $\vartheta_1 \neq 0$:

$$K_1 = \frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 (1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) \\ = \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,137}{3 \cdot 0,3^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2 (1 - 0,137^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,137)^2} + 1} - 1 \right) = 1,151$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,151 \cdot 162 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 233,053 \text{ МПа.}$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки:

$$u = \ln\left(\frac{D}{2 \cdot (S - C)}\right) = \ln\left(\frac{1}{2 \cdot (0,004 - 0,002)}\right) = 5,521$$

де С приймаємо по рекомендації з літератури [18].

$$y = \ln\left(\frac{h_1}{D}\right) = \ln\left(\frac{0,176}{1}\right) = -1,737$$

$$y_1 = \ln\left(\frac{b_4}{D}\right) = \ln\left(\frac{0,12}{1}\right) = -2,12$$

Коефіцієнт K_T визначаємо за графіком як функцію $K_T = f(y, u) = 0,654$.

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки для числа опор $n=4$ при відсутності гарантій рівномірного розподілу навантажень між опорними лапами, МН:

$$F_1 = \frac{G}{2} = \frac{8,291 \cdot 10^{-3}}{2} = 4,146 \cdot 10^{-3}$$

де $G = m \cdot g \cdot 10^{-6} = 846 \cdot 9,81 \cdot 10^{-6} = 8,291 \cdot 10^{-3}$ МН.

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки без підкладного листа, МН:

$$\text{оскільки } \frac{g}{h_1} = \frac{0,094}{0,176} = 0,534 \geq 0,5 \text{ то}$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - C)^2}{K_T \cdot e_1} = \frac{233,053 \cdot 0,176 \cdot (0,004 - 0,002)^2}{0,654 \cdot 0,093} = 2,697 \cdot 10^{-4}$$

Умова несучої спроможності опорного вузла без підкладного листа:

$$F_1 \leq [F_1]$$

$$c > 2,697 \cdot 10^{-4} \text{ МН.}$$

Умова несучої спроможності не виконується, в конструкцію необхідно ввести підкладний лист.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Перевірка несучої спроможності опорного вузла з підкладним листом.

Умова застосування розрахункових формул при наявності підкладного листа:

$$\frac{(S - C)}{D} = \frac{(0,004 - 0,002)}{1} = 2 \cdot 10^{-3} \leq 0,05$$

де C приймаємо по рекомендації з літератури [18].

$$g = 0,094 \geq 0,2 \cdot h_1 = 0,2 \cdot 0,176 = 0,035$$

$$b_2 = 0,2 \geq 0,6 \cdot b_3 = 0,6 \cdot 0,28 = 0,168$$

$$S_2 = 0,004 \geq S = 0,004$$

Умови виконуються.

Коефіцієнт $\vartheta_2^n = \vartheta_2 = 0,137$.

Коефіцієнт $\vartheta_1 = 0,4$ оскільки $\vartheta_2 = 0,137 > 0$.

Коефіцієнт K_1^n визначаємо за формулою оскільки $\vartheta_1 \neq 0$:

$$\begin{aligned} K_1^n &= \frac{1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2}{3 \cdot \vartheta_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot \vartheta_1^2 (1 - \vartheta_2^2)}{(1 + 3 \cdot \vartheta_1 \cdot \vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) = \\ &= \frac{1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,137}{3 \cdot 0,4^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,4^2 (1 - 0,137^2)}{(1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,137)^2} + 1} - 1 \right) = 1,041 \end{aligned}$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i]^n = K_1^n \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,041 \cdot 162 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 210,721 \text{ МПа.}$$

Геометричний параметр конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки з підкладним листом:

$$y_2 = \ln\left(\frac{b_3}{D}\right) = \ln\left(\frac{0,28}{1}\right) = -1,273$$

Коефіцієнт K_3 визначаємо за графіком як функцію $K_T = \min\{f(y_2, u); f(y, u)\} = \{0,221; 0,654\} = 0,221$.

Зусилля що діє на опорну лапу, яка приварена до обичайки для числа опор $n=4$ при відсутності гарантій рівномірного розподілу навантажень між опорними лапами:

$$F_1^n = F_1 = 4,146 \cdot 10^{-3} \text{ МН.}$$

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки з підкладним листом, МН:

оскільки виконується умова $\frac{b_2}{b_3} = \frac{0,2}{0,28} = 0,714 > 0,6$ то

$$[F_1]^n = \frac{[\sigma_i]^n \cdot b_3 \cdot (S - C)^2}{K_3 \cdot (e_1 + S_2)} = \frac{210,721 \cdot 0,28 \cdot (0,004 - 0,002)^2}{0,221 \cdot (0,093 + 0,004)} = 0,011$$

Умова несучої спроможності опорного вузла з підкладним листом:

$$F_1^n \leq [F_1]^n$$

$$0,011 > 4,146 \cdot 10^{-3} \text{ МН.}$$

Умова виконується.

Висновок: розраховано на міцність (несучу спроможність) циліндричної обичайки від дії реакції опорних лап, вибрано геометричні розміри опорних лап. З умов несучої спроможності з'ясовано, що у конструкцію потребується введення підкладного листа із заданими геометричними розмірами.

4.5 Розрахунок діаметра штуцера сушарки для подачі теплоносія

Мета розрахунку: розрахувати діаметр штуцера за заданої швидкості руху для теплоагента та визначити швидкість руху для вибраного діаметра штуцера.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Розрахункова схема штуцера показана на рисунку 4.7

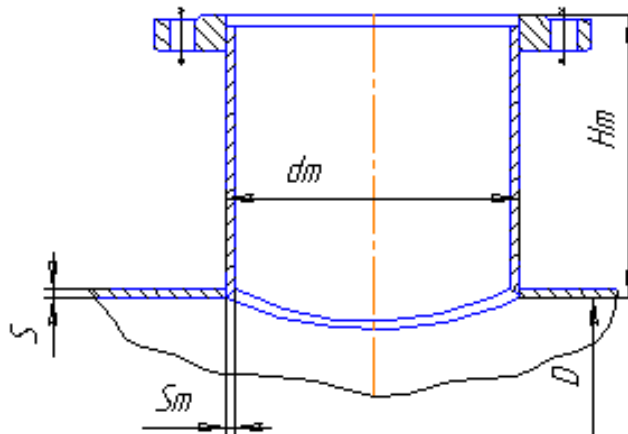


Рисунок 4.7 – Розрахункова схема штуцера

Вихідні дані:

Густина повітря $\rho_{\text{п}}$, кг/м ³	1,205;
Масові витрати повітря $L_{\text{п}}$, кг/с	0,714;
Швидкість руху повітря $\omega_{\text{п}}$, м/с	36;

Розрахунок штуцера здійснено за методикою, наведеною у літературі [19].

Для розрахунку діаметра штуцера приймаємо значення для швидкостей потоку із рекомендованого діапазону для рідини та газів [19].

Вхід теплоагента, м:

$$d_{\text{п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot L_{\text{п}}}{\pi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,714}{3,14 \cdot 1,205 \cdot 36}} = 0,145$$

Приймаємо штуцер з наступними розмірами, м:

$$d_{\text{вн}} = 0,146; d_{\text{з}} = 0,152; d_{\text{у}} = 0,150$$

Дійсна швидкість теплоагента, м/с:

$$\omega_{\text{д}} = \frac{4 \cdot L_{\text{п}}}{\pi \cdot \rho_{\text{п}} \cdot d_{\text{п}}^2} = \frac{4 \cdot 0,714}{3,14 \cdot 1,205 \cdot 0,146^2} = 34,136$$

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначено діаметр патрубку штуцера і визначено його основні розміри.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

4.6 Розрахунок укріплення отворів сушарки

Мета розрахунку: розрахувати укріплення отвора для штуцера в кінцевому днищі навантаженого вигинаючим моментом.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.8

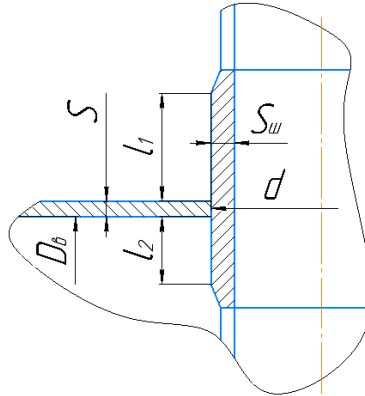


Рисунок 4.8 - Розрахункова схема укріплення отворів

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м	1;
Тиск p , МПа	0,1;
Матеріал	08X18H10T;
Допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	162;
Виконавча товщина конічного днища S , м	0,004;
Розрахункова товщина конічного днища S_r , м	0,002;
Товщина стінки штуцера $S_{ш}$, м	0,004;
Номінальна розрахункова товщина стінки штуцера $S_{шr}$, м	0,001;
Зовнішня довжина штуцера l_1 , м	0,220;
Внутрішня довжина штуцера l_2 , м	0;
Кут нахилу штуцера α , град	20;
Кут при вершині конічного днища α_k , град	60;
Додаток на корозію C_k , м	$2 \cdot 10^{-3}$;
Довжина меншої осі овального отвору d_1 , м	0,152;
Довжина більшої осі овального отвору d_2 , м	0,162;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Розрахунок ведемо відповідно до методики, наведеної в літературі [20].

Внутрішній середній діаметр конічного днища:

$$D_B = D \cdot \cos(\alpha_K) = 1 \cdot \cos(60^\circ) = 0,5 \text{ м.}$$

При розрахунку овальних отворів за діаметр отвору приймається довжина більшої осі отвору $d = d_2 = 0,162 \text{ м.}$

Найбільший допустимий діаметр отвору в конічній обичайці, що не потребує укріплення (без врахування приварюваного штуцера), розраховується по формулі:

$$d_\partial = 2 \cdot \left(\left(\frac{S - C_K}{S_r} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_B \cdot (S - C_K)} - C_K \right) =$$

$$= 2 \cdot \left(\left(\frac{0,004 - 0,002}{0,002} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{0,5 \cdot (0,004 - 0,002)} - 0,002 \right) = 8,649 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

де C_K та S_r приймаємо по рекомендації з літератури [20].

Оскільки діаметр отвору $d = 0,162 \text{ м} > d_\partial = 0,037 \text{ м}$, необхідне укріплення отвору, яке може бути забезпечене патрубком штуцера.

Умови використання розрахункових формул:

$$\frac{d}{D_B} = \frac{0,162}{0,5} = 0,324 \leq 0,6 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,6 \cdot \cos(30^\circ) = 0,52$$

$$\frac{S}{D_B} = \frac{0,004}{0,5} = 8 \cdot 10^{-3} \leq 0,05 \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 0,05 \cdot \cos(30^\circ) = 0,043$$

$$\frac{d_2}{d_1} = \frac{0,162}{0,152} \leq 1 + 2 \cdot \frac{\sqrt{D_B \cdot (S - C_K)}}{d_1} = 1 + 2 \cdot \frac{\sqrt{0,5 \cdot (0,004 - 0,002)}}{0,152}$$

$$1,066 \leq 1,416.$$

Усі умови виконуються.

Перевірка умов укріплення отвору патрубком штуцера.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Площа перерізу отвору в стінці яка підлягає укріпленню:

$$F_o = (d - d_d) \cdot S_r = (0,162 - 8,649 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,002 = 3,067 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа перерізу штуцера яка бере участь в укріпленні отвору:

$$F_{ш} = 2 \cdot (l_1 + S - S_r - C_k) \cdot (S_{ш} - S_{шr} - C_k) + 2 \cdot l_2 \cdot (S_{ш} - 2 \cdot C_k) = 2 \cdot (0,22 + 0,004 - 0,002 - 0,002) \cdot (0,004 - 0,001 - 0,002) + 2 \cdot 0 \cdot (0,004 - 2 \cdot 0,002) = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Перевірка укріплення отвору:

$$F_o \leq F_{ш}$$
$$3,067 \cdot 10^{-4} \leq 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}.$$

Умова виконується

Висновок: товщина патрубку штуцера та його довжина забезпечують укріплення отвору.

4.7 Гідралічний розрахунок формуючої головки

Мета: розрахунок головки зводиться до розрахунку і визначення таких розмірів, які забезпечують максимальну продуктивність при даному тиску у головці, тобто до визначення коефіцієнта опору головки або зворотній величині – К, яка називається коефіцієнтом геометричної форми.

Ескіз формуючої головки зображено на рисунку 4.9

Вихідні дані:

Масова продуктивність Q_m , кг/год	320;
Густина поліетилену ρ , кг/м ³	919;
Ширина полотна спіненого поліетилену H , м	1,05;
Товщина полотна спіненого поліетилену S , мм	2÷8.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

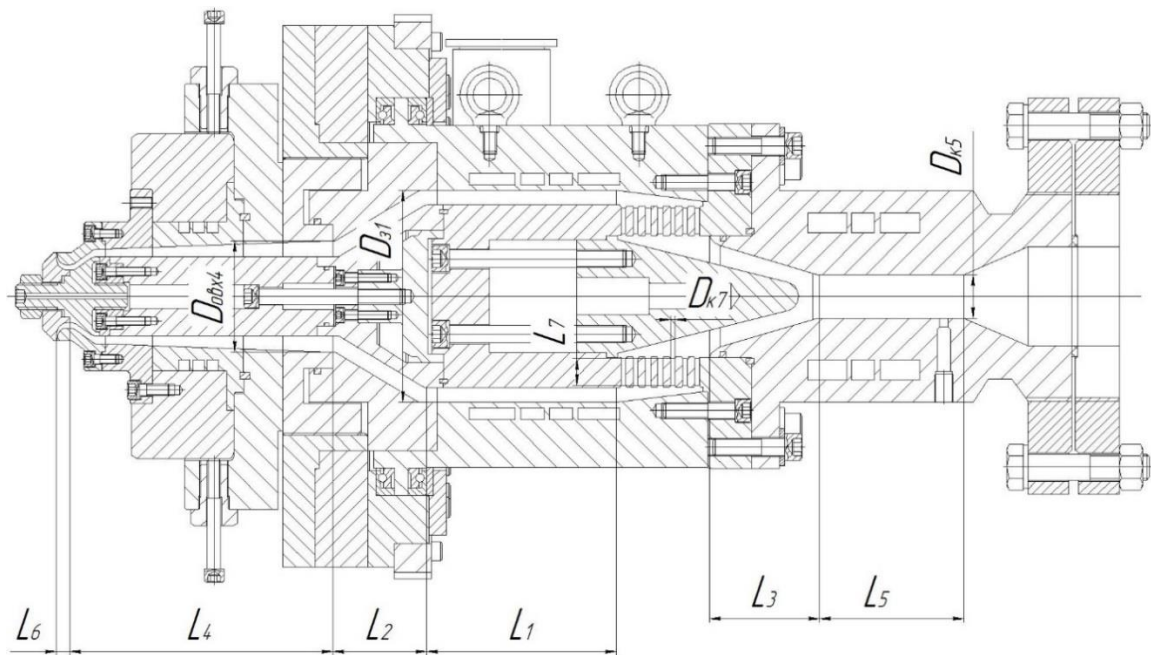


Рисунок 4.9 - Формуюча головка

Гідралічний розрахунок формуючої головки ведемо за методикою, що наведена в [21].

Профіль головки треба розглядати як складову із каналів найпростіших форм, тоді загальний коефіцієнт геометричної форми для всієї головки можна підрахувати як суму опорів окремих ділянок проходу складного профілю з рівняння:

$$K = 1 / (1/K_1 + 1/K_2 + ... + 1/K_N);$$

В даному випадку матеріал проходить через головку, яку можна представити як складову із наступних каналів: 2 – х кільцевих, 4 – х конічних та 1 – го циліндричного.

Об'ємна продуктивність, м³/с:

$$Q = \frac{Q_m}{3600 \cdot \rho} = \frac{320}{3600 \cdot 919} = 9,672 \cdot 10^{-5}$$

Розрахунок гідравлічного опору ділянки круглого кільцевого каналу наведено у додатку Г.

Коефіцієнт геометричної форми круглого кільцевого каналу:

$$K_1 = \frac{\left(\frac{\pi}{8} \cdot L_1 \right) \left[R_{з1}^4 - R_{\phi1}^4 - (R_{з1}^2 - R_{\phi1}^2)^2 \right]}{2,31 \lg \left(\frac{R_{з1}}{R_{\phi1}} \right)} \quad (4.1)$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де L_1 – довжина каналу, $L_1 = 0,174$ м;

R_{31} – зовнішній радіус кільцевого каналу, $R_{31} = 0,096$ м;

$R_{в1}$ – внутрішній радіус кільцевого каналу, $R_{в1} = 0,083$ м.

Швидкість течії в каналі м/с:

$$V_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{31}^2 - d_{в1}^2)} \quad (4.2)$$

d_{31} – зовнішній діаметр кільцевого каналу, $d_{31} = 0,192$ м;

$d_{в1}$ – внутрішній діаметр кільцевого каналу, $d_{в1} = 0,166$ м.

Швидкість зсуву, c^{-1} ;

$$\gamma_1 = \frac{2 \cdot V_1}{S_1} = \frac{2 \cdot 0,013}{0,013} = 2,036 \quad (4.3)$$

де S_1 – товщина каналу, $S_1 = 0,013$ м;

В'язкість поліетилену в каналі, Па·с:

$$\mu_1 = K_n \cdot (\gamma_1)^{n-1} \quad (4.4)$$

де $n = 2$ – показник степеня; $K_n = 2 \cdot 10^4$ – коефіцієнт консистентності, Па/с.

Опір каналу, Па:

$$\Delta P_1 = \frac{Q \cdot \mu_1}{K_1} \quad (4.5)$$

Результат комп'ютерного розрахунку Па:

$$\Delta P_1 := \frac{Q \cdot \mu_1}{K_1} = 7,3 \times 10^4$$

Висновок: У результаті комп'ютерного розрахунку було визначено гідрравлічний опір круглого кільцевого каналу $\Delta P = 7,3 \cdot 10^4$ Па.

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щилиною (2 – га ділянка) визначаємо по формулі:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_2 = \frac{\pi \cdot (R_{\text{овх}2} \cdot \Delta_{22} - R_{\text{ових}2} \cdot \Delta_{12})}{6 \cdot L_2 \cdot M_2} = \frac{3,14(0,09 \cdot 0,015 - 0,046 \cdot 0,013)}{6 \cdot 0,082 \cdot 4,093 \cdot 10^3} = 1,161 \cdot 10^{-6}$$

де L_2 – довжина каналу, $L_2 = 0,082$ м;

$R_{\text{овх}2}$ – середній радіус окружності на вході матеріалу в кільцеву щілину,
 $R_{\text{овх}2} = 0,09$ м;

$R_{\text{ових}2}$ – середній радіус окружності на виході матеріалу з кільцевої щілини,
 $R_{\text{ових}2} = 0,046$ м;

Δ_{12} – висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину, $\Delta_{12} = 0,013$ м;

Δ_{22} – висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини, $\Delta_{22} = 0,015$ м;

M_2 – коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_2 = \frac{2,3 \cdot (R_{\text{овх}2} - R_{\text{ових}2})^2}{(R_{\text{овх}2} \cdot \Delta_{22} - R_{\text{ових}2} \cdot \Delta_{12})^2} \cdot \lg \left(\frac{R_{\text{овх}2} \cdot \Delta_{22}}{R_{\text{ових}2} \cdot \Delta_{12}} \right) - \frac{(R_{\text{овх}2} - R_{\text{ових}2}) \cdot (\Delta_{12} - \Delta_{22})}{(R_{\text{овх}2} \cdot \Delta_{22} - R_{\text{ових}2} \cdot \Delta_{12}) \cdot \Delta_{12} \cdot \Delta_{22}} - \frac{\Delta_{12}^2 - \Delta_{22}^2}{2 \cdot \Delta_{12}^2 \cdot \Delta_{22}^2},$$

$$M_2 = \frac{2,3 \cdot (0,09 - 0,046)^2}{(0,09 \cdot 0,0015 - 0,046 \cdot 0,013)^2} \cdot \lg \left(\frac{0,09 \cdot 0,015}{0,046 \cdot 0,013} \right) -$$

$$- \frac{(0,09 - 0,046) \cdot (0,013 - 0,015)}{(0,09 \cdot 0,015 - 0,046 \cdot 0,013) \cdot 0,013 \cdot 0,015} - \frac{0,013^2 - 0,015^2}{2 \cdot 0,013^2 \cdot 0,015^2} = 4,093 \cdot 10^3$$

Швидкість течії в каналі м/с:

$$V_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{32}^2 - d_{62}^2)} = \frac{4 \cdot 9,672 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot (0,15^2 - 0,12^2)} = 0,015$$

d_{32} – зовнішній діаметр кільцевого каналу, $d_{32} = 0,15$ м;

d_{62} – внутрішній діаметр кільцевого каналу, $d_{62} = 0,12$ м.

Швидкість зсуву, с^{-1} ;

$$\gamma_2 = \frac{2 \cdot V_2}{S_2} = \frac{2 \cdot 0,015}{0,015} = 2,027$$

де S_2 – товщина каналу, $S_2 = 0,015$ м;

В'язкість поліетилену в каналі, Па·с:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

$$\mu_2 = K_n \cdot (\gamma_2)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (2,027)^{2-1} = 1,136 \cdot 10^4$$

Опір каналу, Па:

$$\Delta P_2 = \frac{Q \cdot \mu_2}{K_2} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5} \cdot 1,136 \cdot 10^4}{1,161 \cdot 10^{-6}} = 9,464 \cdot 10^5$$

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щилиною (3 – тя ділянка) визначаємо по формулі:

$$K_3 = \frac{\pi \cdot (R_{овх3} \cdot \Delta_{23} - R_{ових3} \cdot \Delta_{13})}{6 \cdot L_3 \cdot M_3} = \frac{3,14(0,017 \cdot 0,025 - 0,043 \cdot 0,015)}{6 \cdot 0,1 \cdot (-1,303 \cdot 10^3)} = 9,044 \cdot 10^{-7}$$

де L_3 – довжина каналу, $L_3 = 0,1$ м;

$R_{овх3}$ – середній радіус окружності на вході матеріалу в кільцеву щілину,
 $R_{овх3} = 0,017$ м;

$R_{ових3}$ – середній радіус окружності на виході матеріалу з кільцевої щілини,
 $R_{ових3} = 0,043$ м;

Δ_{13} – висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину, $\Delta_{13} = 0,015$ м;

Δ_{23} – висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини, $\Delta_{23} = 0,025$ м;

M_3 – коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_3 = \frac{2,3 \cdot (R_{овх3} - R_{ових3})^2}{(R_{овх3} \cdot \Delta_{23} - R_{ових3} \cdot \Delta_{13})^2} \cdot \lg \left(\frac{R_{овх3} \cdot \Delta_{23}}{R_{ових3} \cdot \Delta_{13}} \right) - \frac{(R_{овх3} - R_{ових3}) \cdot (\Delta_{13} - \Delta_{23})}{(R_{овх3} \cdot \Delta_{23} - R_{ових3} \cdot \Delta_{13}) \cdot \Delta_{13} \cdot \Delta_{23}} - \frac{\Delta_{13}^2 - \Delta_{23}^2}{2 \cdot \Delta_{13}^2 \cdot \Delta_{23}^2},$$

$$M_3 = \frac{2,3 \cdot (0,017 - 0,043)^2}{(0,017 \cdot 0,0025 - 0,043 \cdot 0,015)^2} \cdot \lg \left(\frac{0,017 \cdot 0,025}{0,043 \cdot 0,015} \right) - \frac{(0,017 - 0,043) \cdot (0,015 - 0,025)}{(0,017 \cdot 0,025 - 0,043 \cdot 0,015) \cdot 0,025 \cdot 0,015} - \frac{0,015^2 - 0,025^2}{2 \cdot 0,015^2 \cdot 0,025^2} = -1,303 \cdot 10^3$$

Швидкість течії в каналі м/с:

$$V_3 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{з3}^2 - d_{в3}^2)} = \frac{4 \cdot 9,672 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot (0,07^2 - 0,038^2)} = 0,036$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

d_{33} – зовнішній діаметр кільцевого каналу, $d_{33} = 0,15$ м;

$d_{в3}$ – внутрішній діаметр кільцевого каналу, $d_{в3} = 0,12$ м.

Швидкість зсуву, c^{-1} ;

$$\gamma_3 = \frac{2 \cdot V_3}{S_3} = \frac{2 \cdot 0,036}{0,016} = 4,454$$

де S_3 – товщина каналу, $S_3 = 0,016$ м;

В'язкість поліетилену в каналі, Па·с:

$$\mu_3 = K_n \cdot (\gamma_3)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (4,454)^{2-1} = 6,054 \cdot 10^3$$

Опір каналу, Па:

$$\Delta P_3 = \frac{Q \cdot \mu_3}{K_3} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5} \cdot 6,054 \cdot 10^3}{9,044 \cdot 10^{-7}} = 6,474 \cdot 10^5$$

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щилиною (4 – та ділянка) визначаємо по формулі:

$$K_4 = \frac{\pi \cdot (R_{овх4} \cdot \Delta_{24} - R_{ових4} \cdot \Delta_{14})}{6 \cdot L_4 \cdot M_4} = \frac{3,14(0,045 \cdot 0,007 - 0,04 \cdot 0,015)}{6 \cdot 0,230 \cdot (-6,843 \cdot 10^3)} = 9,481 \cdot 10^{-8}$$

де L_4 – довжина каналу, $L_4 = 0,230$ м;

$R_{овх4}$ – середній радіус окружності на вході матеріалу в кільцеву щілину,
 $R_{овх4} = 0,045$ м;

$R_{ових4}$ – середній радіус окружності на виході матеріалу з кільцевої щілини,
 $R_{ових4} = 0,04$ м;

Δ_{14} – висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину, $\Delta_{14} = 0,015$ м;

Δ_{24} – висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини, $\Delta_{24} = 0,007$ м;

M_4 – коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_4 = \frac{2,3 \cdot (R_{овх4} - R_{ових4})^2}{(R_{овх4} \cdot \Delta_{24} - R_{ових4} \cdot \Delta_{14})^2} \cdot \lg \left(\frac{R_{овх4} \cdot \Delta_{24}}{R_{ових4} \cdot \Delta_{14}} \right) - \frac{(R_{овх4} - R_{ових4}) \cdot (\Delta_{14} - \Delta_{24})}{(R_{овх4} \cdot \Delta_{24} - R_{ових4} \cdot \Delta_{14}) \cdot \Delta_{14} \cdot \Delta_{24}} - \frac{\Delta_{14}^2 - \Delta_{24}^2}{2 \cdot \Delta_{14}^2 \cdot \Delta_{24}^2},$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_4 = \frac{2,3 \cdot (0,045 - 0,04)^2}{(0,045 \cdot 0,007 - 0,04 \cdot 0,015)^2} \cdot \lg \left(\frac{0,045 \cdot 0,007}{0,04 \cdot 0,015} \right) -$$

$$- \frac{(0,045 - 0,04) \cdot (0,015 - 0,007)}{(0,045 \cdot 0,007 - 0,04 \cdot 0,015) \cdot 0,007 \cdot 0,015} - \frac{0,015^2 - 0,007^2}{2 \cdot 0,015^2 \cdot 0,007^2} = -7,165 \cdot 10^3$$

Швидкість течії в каналі м/с:

$$V_4 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{34}^2 - d_{64}^2)} = \frac{4 \cdot 9,672 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot (0,088^2 - 0,07^2)} = 0,043$$

d_{34} – зовнішній діаметр кільцевого каналу, $d_{34} = 0,088$ м;

d_{64} – внутрішній діаметр кільцевого каналу, $d_{64} = 0,07$ м.

Швидкість зсуву, c^{-1} ;

$$\gamma_4 = \frac{2 \cdot V_4}{S_4} = \frac{2 \cdot 0,043}{0,009} = 9,623$$

де S_4 – товщина каналу, $S_4 = 0,009$ м;

В'язкість поліетилену в каналі, Па·с:

$$\mu_4 = K_n \cdot (\gamma_4)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (9,623)^{2-1} = 3,269 \cdot 10^3$$

Опір каналу, Па:

$$\Delta P_4 = \frac{Q \cdot \mu_4}{K_4} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5} \cdot 3,269 \cdot 10^3}{9,481 \cdot 10^{-8}} = 3,335 \cdot 10^6$$

Коефіцієнт геометричної форми круглого циліндричного каналу (5-та ділянка) визначаємо за формулою:

$$K_5 = \frac{\pi \cdot D_{\kappa 5}^4}{128 \cdot L_{\psi 5}} = \frac{3,14 \cdot 0,04^4}{128 \cdot 0,125} = 0,02 \cdot 10^{-6}$$

де $D_{\kappa 5}$ – діаметр каналу, $D_{\kappa 5} = 0,04$ м;

$L_{\psi 5}$ – довжина циліндричного каналу, $L_{\psi 5} = 0,125$ м;

Швидкість течії в каналі, м/с:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$V_5 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{\kappa 5}^2} = \frac{4 \cdot 9,672 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 0,04^2} = 0,077$$

Швидкість зсуву, с^{-1} ;

$$\gamma_5 = \frac{2 \cdot V_5}{D_{\kappa 5}} = \frac{2 \cdot 0,077}{0,04} = 3,849$$

В'язкість поліетилену в каналі, $\text{Па} \cdot \text{с}$:

$$\mu_5 = K_n \cdot (\gamma_5)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (3,849)^{2-1} = 6,805 \cdot 10^3$$

Опір каналу, Па :

$$\Delta P_5 = \frac{Q \cdot \mu_5}{K_5} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5} \cdot 6,805 \cdot 10^3}{5,027 \cdot 10^{-7}} = 1,309 \cdot 10^6$$

Коефіцієнт геометричної форми конічного кільцевого каналу з конічною щилиною (6 – та ділянка) визначаємо по формулі:

$$K_6 = \frac{\pi \cdot (R_{\text{овх}6} \cdot \Delta_{26} - R_{\text{ових}6} \cdot \Delta_{16})}{6 \cdot L_6 \cdot M_6} = \frac{3,14(0,046 \cdot 3 \cdot 10^{-4} - 0,05 \cdot 0,007)}{6 \cdot 0,012 \cdot (-5,583 \cdot 10^6)} = 3,153 \cdot 10^{-9}$$

де L_6 – довжина каналу, $L_6 = 0,012$ м;

$R_{\text{овх}6}$ – середній радіус окружності на вході матеріалу в кільцеву щілину,
 $R_{\text{овх}6} = 0,046$ м;

$R_{\text{ових}6}$ – середній радіус окружності на виході матеріалу з кільцевої щілини,
 $R_{\text{ових}6} = 0,05$ м;

Δ_{16} – висота щілини на вході матеріалу в кільцеву щілину, $\Delta_{16} = 0,007$ м;

Δ_{26} – висота щілини на виході матеріалу з кільцевої щілини, $\Delta_{26} = 3 \cdot 10^{-4}$ м;

M_6 – коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$M_6 = \frac{2,3 \cdot (R_{\text{овх}6} - R_{\text{ових}6})^2}{(R_{\text{овх}6} \cdot \Delta_{26} - R_{\text{ових}6} \cdot \Delta_{16})^2} \cdot \lg \left(\frac{R_{\text{овх}6} \cdot \Delta_{26}}{R_{\text{ових}6} \cdot \Delta_{16}} \right) - \frac{(R_{\text{овх}6} - R_{\text{ових}6}) \cdot (\Delta_{16} - \Delta_{26})}{(R_{\text{овх}6} \cdot \Delta_{26} - R_{\text{ових}6} \cdot \Delta_{16}) \cdot \Delta_{16} \cdot \Delta_{26}} - \frac{\Delta_{16}^2 - \Delta_{26}^2}{2 \cdot \Delta_{16}^2 \cdot \Delta_{26}^2},$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$M_6 = \frac{2,3 \cdot (0,046 - 0,05)^2}{(0,046 \cdot 0,007 - 0,05 \cdot 0,0003)^2} \cdot \lg \left(\frac{0,046 \cdot 0,007}{0,05 \cdot 0,0003} \right) - \frac{(0,046 - 0,05) \cdot (0,007 - 0,0003)}{(0,046 \cdot 0,0003 - 0,05 \cdot 0,007) \cdot 0,007 \cdot 0,0003} - \frac{0,007^2 - 0,0003^2}{2 \cdot 0,007^2 \cdot 0,0003^2} = -5,583 \cdot 10^6$$

Швидкість течії в каналі м/с:

$$V_6 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{36}^2 - d_{66}^2)} = \frac{4 \cdot 9,672 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot (0,8^2 - 0,072^2)} = 0,031$$

d_{36} – зовнішній діаметр кільцевого каналу, $d_{36} = 0,8$ м;

d_{66} – внутрішній діаметр кільцевого каналу, $d_{66} = 0,072$ м.

Швидкість зсуву, c^{-1} ;

$$\gamma_6 = \frac{2 \cdot V_6}{S_6} = \frac{2 \cdot 0,311}{0,001} = 621,981$$

де S_6 – товщина каналу, $S_4 = 0,001$ м;

В'язкість поліетилену в каналі, Па·с:

$$\mu_6 = K_n \cdot (\gamma_6)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (621,981)^{2-1} = 116,415$$

Опір каналу, Па:

$$\Delta P_6 = \frac{Q \cdot \mu_6}{K_6} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5} \cdot 116,415}{2,628 \cdot 10^{-9}} = 4,285 \cdot 10^6$$

Коефіцієнт геометричної форми круглого циліндричного каналу (7-ма ділянка) визначаємо за формулою:

$$K_7 = \frac{\pi \cdot D_{\kappa 7}^4}{128 \cdot L_{\psi 7}} = \frac{3,14 \cdot 0,005^4}{128 \cdot 0,024} = 6,392 \cdot 10^{-10}$$

де $D_{\kappa 7}$ – діаметр каналу, $D_{\kappa 7} = 0,005$ м;

$L_{\psi 7}$ – довжина циліндричного каналу, $L_{\psi 7} = 0,024$ м;

Продуктивність одиничного каналу, $м^3/с$:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

$$Q_7 = \frac{Q}{n_7} = \frac{9,672 \cdot 10^{-5}}{315} = 3,071 \cdot 10^{-7}$$

де n_7 – кількість отворів.

Швидкість течії в каналі, м/с:

$$V_7 = \frac{4 \cdot Q_7}{\pi \cdot D_{\kappa 7}^2} = \frac{4 \cdot 3,071 \cdot 10^{-7}}{3,14 \cdot 0,005^2} = 0,016$$

Швидкість зсуву, с^{-1} ;

$$\gamma_7 = \frac{2 \cdot V_7}{D_{\kappa 7}} = \frac{2 \cdot 0,016}{0,005} = 6,255$$

В'язкість поліетилену в каналі, $\text{Па} \cdot \text{с}$:

$$\mu_7 = K_n \cdot (\gamma_7)^{n-1} = 2 \cdot 10^4 \cdot (6,255)^{2-1} = 4,613 \cdot 10^3$$

Опір каналу, Па :

$$\Delta P_7 = \frac{Q_7 \cdot \mu_7}{K_7} = \frac{3,071 \cdot 10^{-7} \cdot 4,613 \cdot 10^3}{6,392 \cdot 10^{-10}} = 2,216 \cdot 10^6$$

Загальний опір формуючої головки, Па :

$$\begin{aligned} P &= \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 = \\ &= 7,3 \cdot 10^4 + 9,464 \cdot 10^5 + 6,474 \cdot 10^5 + 3,335 \cdot 10^6 + \\ &+ 1,309 \cdot 10^6 + 4,285 \cdot 10^6 + 2,216 \cdot 10^6 = 1,281 \cdot 10^7 \end{aligned}$$

Висновки: загальний опір формуючої головки дорівнює $P = 12,81 \text{ МПа}$.

4.8 Розрахунок різьбового з'єднання матриці

Мета: розрахувати на міцність болтове з'єднання від дії гідравлічного тиску.

Ескіз формуючого інструменту зображено на рисунку 4.10

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

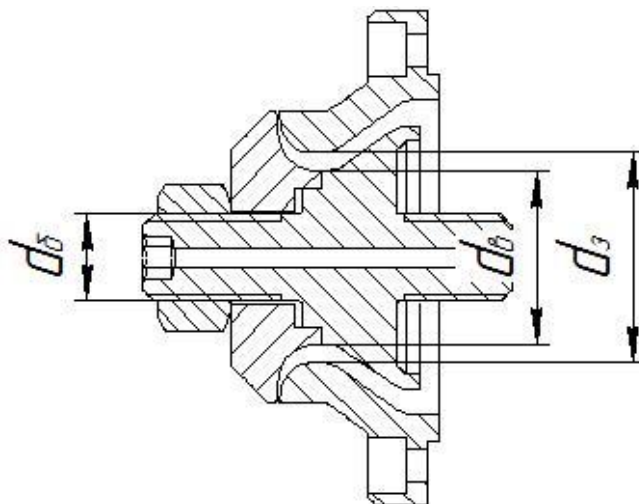


Рисунок 4.10 - Формуючий інструмент.

Вихідні дані:

Зовнішній діаметр перерізу формуючої головки d_3 , м 0,058;

Внутрішній діаметр перерізу формуючої головки $d_в$, м 0,048;

Тиск у формуючій головці P , МПа 12,81;

Діаметр болтового з'єднання d_6 , м 0,024;

Допустиме напруження матеріалу болтового з'єднання при температурі 130 градусів С $[\sigma]_6^{200}$, МПа 225;

Розрахунок ведемо по методиці [22]

Площа поперечного перерізу дії гідравлічного тиску, м²:

$$F = \frac{\pi(d_3 - d_в)}{4} = \frac{3,14(0,058 - 0,048)}{4} = 0,00785$$

Сила що діє на болтове з'єднання, МН:

$$P_6 = F \cdot P = 0,00785 \cdot 12,81 = 0,1$$

Площа болтового з'єднання, м²:

$$f_6 = \frac{\pi \cdot d_6^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,024^2}{4} = 4,52 \cdot 10^{-4}$$

Напруження що виникає у болтовому з'єднанні, МПа:

$$\sigma_6 = \frac{P_6}{n \cdot f_6} = \frac{0,1}{1 \cdot 4,52 \cdot 10^{-4}} = 221,23$$

Умова міцності болтового з'єднання:

$$\sigma_6 \leq [\sigma]_6^{200}$$

$$221,23 \leq 225$$

Висновок: умова міцності болтового з'єднання виконується.

4.9 Розрахунок маси формуючої головки

Мета розрахунку: визначення маси формуючої головки та вибір відповідних Рим-болтів.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.11

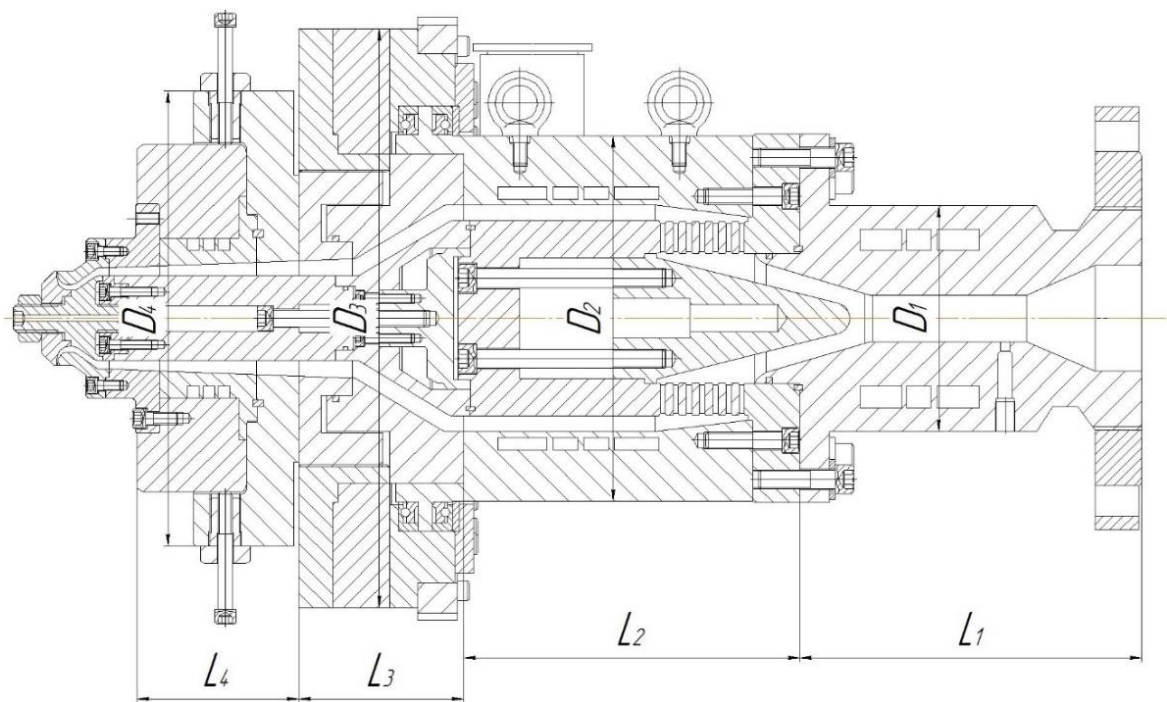


Рисунок 4.11 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

Довжина першої зони L_1 , м	0,29;
Довжина другої зони L_2 , м	0,286;
Довжина третьої зони L_3 , м	0,14;

Довжина четвертої зони L_4 , м	0,137;
Діаметр першої зони D_1 , м	0,192;
Діаметр другої зони D_2 , м	0,311;
Діаметр третьої зони D_3 , м	0,492;
Діаметр четвертої зони D_4 , м	0,387;
Довжина першої каналу $l_{к1}$, м	0,07;
Довжина другого каналу $l_{к2}$, м	0,162;
Довжина третього каналу $l_{к3}$, м	0,182;
Довжина четвертого каналу $l_{к4}$, м	0,22;
Довжина п'ятого каналу $l_{к5}$, м	0,246;
Довжина шостого каналу $l_{к6}$, м	0,09;
Довжина сьомого каналу $l_{к7}$, м	0,12;
Довжина восьмого каналу $l_{к8}$, м	0,03;
Діаметр першого каналу $d_{к1}$, м	0,09;
Діаметр другого каналу $d_{к2}$, м	0,04;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз3}$, м	0,092;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв3}$, м	0,056;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз4}$, м	0,192;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв4}$, м	0,166;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз5}$, м	0,096;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв5}$, м	0,072;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз6}$, м	0,152;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв6}$, м	0,116;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз7}$, м	0,224;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв7}$, м	0,2;
Зовнішній діаметр третього каналу $d_{кз8}$, м	0,136;
Внутрішній діаметр третього каналу $d_{кв8}$, м	0,116;
Довжина першого отвору l_{o1} , м	0,075;
Довжина другого отвору l_{o2} , м	0,065;
Довжина третього отвору l_{o3} , м	0,078;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Довжина четвертого отвору l_{o4} , м	0,105;
Діаметр першого отвору d_{o1} , м	0,023;
Діаметр другого отвору d_{o2} , м	0,034;
Діаметр третього отвору d_{o3} , м	0,102;
Діаметр третього отвору d_{o4} , м	0,022;
Густина металу ρ , кг/м ³	7900;
Маса круглощільової формуючої головки m_1 , кг	6;
Маса фланця m_2 , кг	3,6.

Знайдемо загальний об'єм пустот у головці.

Визначення загального об'єму каналів.

Об'єм першого каналу, м³:

$$V_{k1} = \frac{l_{k1} \cdot \pi \cdot d_{k1}^2}{4} = \frac{0,07 \cdot 3,14 \cdot 0,09^2}{4} = 4,453 \cdot 10^{-4}$$

Об'єм другого каналу, м³:

$$V_{k2} = \frac{l_{k2} \cdot \pi \cdot d_{k2}^2}{4} = \frac{0,162 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 2,036 \cdot 10^{-4}$$

Об'єм третього каналу, м³:

$$V_{k3} = \frac{l_{k3} \cdot \pi \cdot (d_{k33} - d_{kb3})^2}{4} = \frac{0,182 \cdot 3,14 \cdot (0,092 - 0,056)^2}{4} = 1,853 \cdot 10^{-4}$$

Об'єм четвертого каналу, м³:

$$V_{k4} = \frac{l_{k4} \cdot \pi \cdot (d_{k34} - d_{kb4})^2}{4} = \frac{0,22 \cdot 3,14 \cdot (0,192 - 0,166)^2}{4} = 1,168 \cdot 10^{-4}$$

Об'єм п'ятого каналу, м³:

$$V_{k5} = \frac{l_{k5} \cdot \pi \cdot (d_{k35} - d_{kb5})^2}{4} = \frac{0,246 \cdot 3,14 \cdot (0,096 - 0,072)^2}{4} = 1,113 \cdot 10^{-4}$$

					ЛН71мп. 703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Об'єм шостого каналу, м³:

$$V_{к6} = \frac{l_{к6} \cdot \pi \cdot (d_{кз6} - d_{кв6})^2}{4} = \frac{0,09 \cdot 3,14 \cdot (0,152 - 0,116)^2}{4} = 9,161 \cdot 10^{-5}$$

Об'єм сьомого каналу, м³:

$$V_{к7} = \frac{l_{к7} \cdot \pi \cdot (d_{кз7} - d_{кв7})^2}{4} = \frac{0,12 \cdot 3,14 \cdot (0,224 - 0,2)^2}{4} = 5,429 \cdot 10^{-5}$$

Об'єм восьмого каналу, м³:

$$V_{к8} = \frac{l_{к8} \cdot \pi \cdot (d_{кз8} - d_{кв8})^2}{4} = \frac{0,03 \cdot 3,14 \cdot (0,136 - 0,116)^2}{4} = 9,425 \cdot 10^{-5}$$

Сумарний об'єм каналів у головці, м³:

$$\begin{aligned} V_k &= V_{к1} + V_{к2} + V_{к3} + V_{к4} + V_{к5} + V_{к6} + V_{к7} + V_{к8} = \\ &= 4,453 \cdot 10^{-4} + 2,036 \cdot 10^{-4} + 1,853 \cdot 10^{-4} + 1,168 \cdot 10^{-4} \\ &+ 1,113 \cdot 10^{-4} + 9,161 \cdot 10^{-5} + 5,429 \cdot 10^{-5} + 9,425 \cdot 10^{-5} = \\ &= 1,218 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Визначення загального об'єму отворів.

Об'єм першого отвору, м³:

$$V_{o1} = \frac{l_{o1} \cdot \pi \cdot d_{o1}^2}{4} = \frac{0,075 \cdot 3,14 \cdot 0,023^2}{4} = 3,116 \cdot 10^{-5}$$

Об'єм другого отвору, м³:

$$V_{o2} = \frac{l_{o2} \cdot \pi \cdot d_{o2}^2}{4} = \frac{0,065 \cdot 3,14 \cdot 0,034^2}{4} = 5,901 \cdot 10^{-5}$$

Об'єм третього отвору, м³:

$$V_{o3} = \frac{l_{o3} \cdot \pi \cdot d_{o3}^2}{4} = \frac{0,102 \cdot 3,14 \cdot 0,078^2}{4} = 6,374 \cdot 10^{-4}$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

Об'єм четвертого отвору, м³:

$$V_{04} = \frac{l_{04} \cdot \pi \cdot d_{04}^2}{4} = \frac{0,105 \cdot 3,14 \cdot 0,022^2}{4} = 3,991 \cdot 10^{-5}$$

Сумарний об'єм отворів у головці, м³:

$$\begin{aligned} V_0 &= V_{01} + V_{02} + V_{03} + V_{04} = \\ &= 3,116 \cdot 10^{-5} + 5,901 \cdot 10^{-5} + 6,374 \cdot 10^{-4} + 3,991 \cdot 10^{-5} = \\ &= 7,674 \cdot 10^{-4} \end{aligned}$$

Сумарний об'єм пустот у головці, м³:

$$V_{\Pi} = V_0 + V_k = 7,674 \cdot 10^{-4} + 1,218 \cdot 10^{-3} = 1,985 \cdot 10^{-3}$$

Визначимо загальний об'єм головки.

Об'єм першої зони, м³:

$$V_1 = \frac{L_1 \cdot \pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{0,29 \cdot 3,14 \cdot 0,192^2}{4} = 8,396 \cdot 10^{-3}$$

Об'єм другої зони, м³:

$$V_2 = \frac{L_2 \cdot \pi \cdot D_2^2}{4} = \frac{0,286 \cdot 3,14 \cdot 0,311^2}{4} = 0,022$$

Об'єм третьої зони, м³:

$$V_3 = \frac{L_3 \cdot \pi \cdot D_3^2}{4} = \frac{0,14 \cdot 3,14 \cdot 0,492^2}{4} = 0,027$$

Об'єм четвертої зони, м³:

$$V_4 = \frac{L_4 \cdot \pi \cdot D_4^2}{4} = \frac{0,137 \cdot 3,14 \cdot 0,387^2}{4} = 0,016$$

Сумарний об'єм головки, м³:

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 - V_{\Pi} = \\ &= 8,396 \cdot 10^{-3} + 0,022 + 0,027 + 0,016 - 1,985 \cdot 10^{-3} = 0,071 \end{aligned}$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Сумарна маса апарта, кг:

$$m = V \cdot \rho + m_1 + m_2 = 0,071 \cdot 7900 + 6 + 3,6 = 569,462$$

Висновок: для того щоб втримати вагу головки $m = 569,462$ кг ми вибираємо 2 римболта М12 ГОСТ 4751-73.

4.10 Розрахунок фланцевого з'єднання головки

Мета: розрахувати на міцність фланцеве з'єднання від дії гідравлічного тиску.

Ескіз зображено на рисунку 4.12

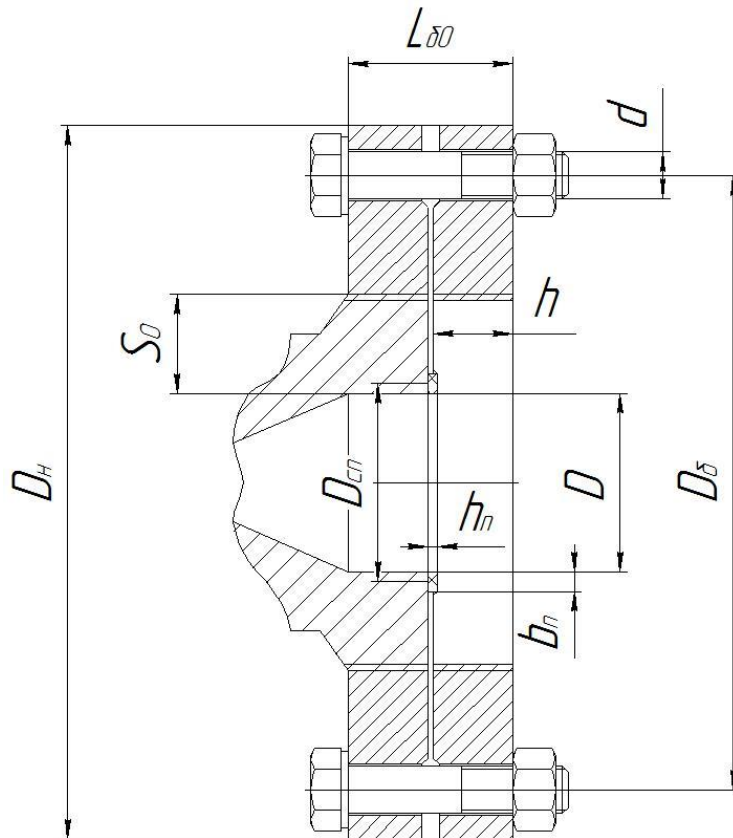


Рисунок 4.12 - Фланцеве з'єднання.

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр отвору D , мм	90;
Зовнішній діаметр фланця D_H , мм	360;
Діаметр болтового з'єднання D_6 , мм	310;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Середній діаметр прокладки $D_{сп}$, мм	100;
Ширина прокладки $b_{п}$, мм	10;
Товщина фланця h , мм	40;
Товщина прокладки $h_{п}$, мм	5;
Товщина болтового з'єднання $L_{б0}$, мм	83;
Площа поперечного перерізу болтового з'єднання $f_{б}$, мм ²	324;
Товщина втулки S_0 , мм	50;
Діаметр болтів d , мм	24
Кількість болтів n	12;
Температура фланцевого з'єднання $t_{ф}$, °C	130;
Температура болтового з'єднання $t_{б}$, °C	124;
Тиск у головці P , МПа	12,8;
Додаток до розрахункової товщини c , мм	2;
Маса головки $m_{г}$, кг	570;
Модуль поздовжньої пружності фланця при температурі 20°C	
E^{20} , МПа	$1,99 \cdot 10^5$;
Модуль поздовжньої пружності фланця при розрахунковій температурі	
E , МПа	$1,81 \cdot 10^5$;
Модуль поздовжньої пружності болтового з'єднання при температурі 20°C	
E_6^{20} , МПа	$2,1 \cdot 10^5$;
Модуль поздовжньої пружності болтового з'єднання при розрахунковій температурі E_6 , МПа	$2,01 \cdot 10^5$;
Температурний коефіцієнт лінійного розширення фланця	
$\alpha_{ф}$, 1/°C	$13,3 \cdot 10^{-6}$
Температурний коефіцієнт лінійного розширення болтів	
α_6 , 1/°C	$11,9 \cdot 10^{-6}$
Коефіцієнт для прокладки m	3,5
Питомий тиск притиснення прокладки $q_{обж}$, Мпа	$46 \cdot 10^{-6}$
Коефіцієнт притиснення K	1;
Умовний модуль притиснення прокладки $E_{п}$, Мпа	46;

Допустиме напруження матеріалу болтів при температурі 20°C

$[\sigma]_{6^{20}}$, МПа

130;

Допустиме напруження матеріалу болтів при розрахунковій температурі

$[\sigma]_{6^{20}}$, МПа

120;

Розрахунок ведемо по методиці наведених в [22]

Знайдемо внутрішній вигинаючий момент

Вага формуючої головки, Н:

$$G = m \cdot g = 570 \cdot 9,81 = 5,59 \cdot 10^3$$

Внутрішній вигинаючий момент, Н/м:

$$M = l \cdot G = 0,45 \cdot 5,59 \cdot 10^3 = 2,515 \cdot 10^3$$

де $l = 0,45$ м – довжина каналу.

Податливість прокладки, мм/Н:

$$y_{\Pi} = \frac{h_{\Pi} \cdot K}{E_{\Pi} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\Pi}} = \frac{5 \cdot 1}{4 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10} = 3,979 \cdot 10^{-7}$$

Податливість болтів мм/Н:

$$L_6 = L_{60} + 0,28 \cdot d = 83 + 0,28 \cdot 24 = 89,72 \text{ м.}$$
$$y_6 = \frac{L_6}{E_6^{20} \cdot f_6 \cdot n} = \frac{89,72}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 12} = 1,099 \cdot 10^{-7}$$

Параметри фланця

Коефіцієнти:

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{40}{\sqrt{90 \cdot 50}} = 0,596$$

$$j = \frac{h}{S_0} = \frac{40}{50} = 0,8$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{D_H}{D}\right) = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{360}{90}\right) = 0,771$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,596(1 + 0,771 \cdot 0,8^2)} = 0,555$$

Коефіцієнт:

$$\psi_2 = \frac{D_H + D}{D_H - D} = \frac{360 + 90}{360 - 90} = 1,667$$

Кутова податливість фланця, 1/(Н·мм):

$$y_\phi = \frac{[1 - \omega(1 + 0,95 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{E^{20} \cdot h^3} = \frac{[1 - 0,555 \cdot (1 + 0,95 \cdot 0,596)] \cdot 1,667}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 40^3} = 1,706 \cdot 10^{-11}$$

Кутова податливість фланця навантаженого зовнішнім вигинаючим моментом, 1/(Н·мм):

$$y_{\phi H} = \left(\frac{\pi}{4}\right)^3 \cdot \frac{D_6}{E^{20} \cdot D_H \cdot h^3} = \left(\frac{3,14}{4}\right)^3 \cdot \frac{310}{1,99 \cdot 10^5 \cdot 360 \cdot 40^3} = 3,276 \cdot 10^{-11}$$

Плечі моменту, мм:

$$b = 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{сп}}) = 0,5 \cdot (310 - 100) = 105$$

$$e = 0,5 \cdot (D_{\text{сп}} - D) = 0,5 \cdot (100 - 90) = 5$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання, що навантажене внутрішнім тиском та зовнішньою осьовою силою:

$$\eta = y_{\text{п}} + y_6 + 2 \cdot y_\phi \cdot b^2 = 3,979 \cdot 10^{-7} + 1,099 \cdot 10^{-7} + 2 \cdot 1,706 \cdot 10^{-11} \cdot 105^2 = 8,84 \cdot 10^{-7}$$

$$\alpha = 1 - \frac{y_{\text{п}} - y_\phi \cdot b \cdot e}{\eta} = 1 - \frac{3,979 \cdot 10^{-7} - 1,706 \cdot 10^{-11} \cdot 105 \cdot 5}{8,84 \cdot 10^{-7}} = 0,56$$

Фланцеве з'єднання, що навантажене зовнішнім вигинаючим моментом:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$\beta_H = \frac{2 \cdot y_{\phi H} \cdot b \cdot e \cdot \left(1 - \frac{e}{D_{\text{сп}}}\right) - y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_6}{D_{\text{сп}}}\right)^2}{y_6 + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_6}{D_{\text{сп}}}\right)^2 + 2 \cdot y_{\phi H} \cdot b^2}$$

$$= \frac{2 \cdot 3,276 \cdot 10^{-11} \cdot 105 \cdot 5 \cdot \left(1 - \frac{5}{100}\right) - 3,979 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{310}{100}\right)^2}{1,099 \cdot 10^{-7} + 1,099 \cdot 10^{-7} \cdot \left(\frac{310}{100}\right)^2 + 2 \cdot 3,276 \cdot 10^{-11} \cdot 105^2}$$

$$= -0,814$$

$$\alpha_H = -(1 + \beta_H) = -(1 - 0,814) = -0,186$$

Розрахунок навантажень

Рівнодіюча внутрішнього тиску, Н:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P = 0,785 \cdot 100^2 \cdot 12,8 = 1,005 \cdot 10^5$$

Реакція прокладки в робочих умовах, Н:

$$R_{\Pi} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\Pi} \cdot m \cdot P = 3,14 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 3,5 \cdot 12,8 = 1,407 \cdot 10^5$$

Навантаження, що виникають від температурних деформацій, Н

$$\eta_1 = y_{\Pi} + y_6 \cdot \frac{E_6}{E^{20}} + 2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E}{E^{20}} \cdot b^2 =$$

$$= 3,979 \cdot 10^{-7} + 1,099 \cdot 10^{-7} \cdot \frac{2,01 \cdot 10^5}{1,99 \cdot 10^5} + 2 \cdot 1,706 \cdot 10^{-11} \cdot$$

$$\cdot \frac{1,81 \cdot 10^5}{1,99 \cdot 10^5} \cdot 105^2 = 8,511 \cdot 10^{-7}$$

$$Q_t = \frac{1}{\eta_1} \cdot (2 \cdot \alpha_{\phi} \cdot h \cdot t_f - \alpha_6 \cdot L_6 \cdot t_6) =$$

$$= \frac{1}{8,511 \cdot 10^{-7}} \cdot (2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 40 \cdot 200 - 11,9 \cdot 10^{-6} \cdot 89,72 \cdot 194)$$

$$= 6,665 \cdot 10^3$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Болтове навантаження в умовах монтажу приймається найбільшим з наступних значень, Н:

$$P_{61} = \alpha \cdot (Q_d) + R_{\pi} - Q_t + \left(\frac{4 \cdot \alpha_H \cdot M}{D_{\text{сп}}} \right) =$$

$$= 0,56 \cdot (1,005 \cdot 10^5) + 1,407 \cdot 10^5 - 6,665 \cdot 10^3$$

$$+ \left(\frac{4 \cdot (-0,186) \cdot 2,515 \cdot 10^6}{100} \right) = 1,717 \cdot 10^5$$

$$P_{61} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\pi} \cdot q_{\text{обж}} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 46 = 7,226 \cdot 10^4$$

$$P_{61} = 0,4 \cdot [\sigma]_6^{20} \cdot n \cdot f_6 = 0,4 \cdot 130 \cdot 12 \cdot 324 = 2,022 \cdot 10^5$$

Приріст навантаження в болтах в робочих умовах, Н:

$$\Delta P_6 = (1 - \alpha) \cdot (Q_d) + Q_t + \frac{4 \cdot \beta_H \cdot M}{D_{\text{сп}}} =$$

$$= (1 - 0,56) \cdot (1,005 \cdot 10^5) + 6,665 \cdot 10^3 + \frac{4 \cdot (-0,814) \cdot 2,515}{100} =$$

$$= -3,106 \cdot 10^4$$

Розрахунок болтів

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61}}{n \cdot f_6} = \frac{2,022 \cdot 10^5}{12 \cdot 324} = 52 \leq \xi \cdot [\sigma]_6^{20} = 130$$

$$\sigma_{61} = \frac{P_{61} + \Delta P_6}{n \cdot f_6} = \frac{2,022 \cdot 10^5 - 3,106 \cdot 10^4}{12 \cdot 324} = 44 \leq \xi \cdot [\sigma]_6 = 120$$

Умови міцності болтів виконуються.

Розрахунок прокладки

$$q = \frac{P_{61}}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\pi}} = \frac{2,022 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 100 \cdot 10} = 64,355 \leq q_d = 140$$

Умова міцності прокладки виконується.

Розрахунок фланця

Вигинаючий момент, Н:

$$M_{01} = P_{61} \cdot b = 2,022 \cdot 10^5 \cdot 105 = 2,123 \cdot 10^7$$

Кут повороту фланця при затяжці:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

$$\theta = M_{01} \cdot \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,95 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{E^{20} \cdot h^3} =$$

$$= 2,123 \cdot 10^7 \cdot \frac{[1 - 0,555 \cdot (1 + 0,95 \cdot 0,596)] \cdot 1,667}{1,99 \cdot 10^5 \cdot h^3} = 3,622 \cdot 10^{-4}$$

Приріст вигинаючого моменту, Н:

$$\Delta M_{01} = \Delta P_6 \cdot b + \left(Q_d + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}} \right) \cdot e =$$

$$= -3,106 \cdot 10^4 \cdot 105 + \left(1,005 \cdot 10^5 + \frac{4 \cdot 2,515 \cdot 10^6}{100} \right) \cdot 5$$

$$= -2,255 \cdot 10^6$$

Приріст кута повороту фланця в робочих умовах:

$$\Delta \theta = \Delta M_{01} \cdot \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,95 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{E^{20} \cdot h^3} =$$

$$= -2,255 \cdot 10^6 \cdot \frac{[1 - 0,555 \cdot (1 + 0,95 \cdot 0,596)] \cdot 1,667}{1,99 \cdot 10^5 \cdot h^3} =$$

$$= -3,848 \cdot 10^{-5}$$

Меридіальне напруження в обичайці на зовнішній та внутрішній поверхнях при затяжці, МПа:

$$\sigma_1 = \frac{T \cdot \omega \cdot M_{01}}{D \cdot (S_0 - c)^2} = \frac{1,009 \cdot 0,555 \cdot 2,123 \cdot 10^7}{90 \cdot (50 - 2)^2} = 57,334$$

$$\sigma_{21} = \sigma_1 = 57,334 \quad \sigma_{22} = -\sigma_1 = -57,334$$

де коефіцієнт T дорівнює:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

$$T = \frac{\left(\frac{D_H}{D}\right)^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{D_H}{D}\right)\right) - 1}{\left[1,05 + 1,945 \cdot \left(\frac{D_H}{D}\right)^2\right] \cdot \left(\frac{D_H}{D} - 1\right)} = \frac{\left(\frac{360}{90}\right)^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{360}{90}\right)\right) - 1}{\left[1,05 + 1,945 \cdot \left(\frac{360}{90}\right)^2\right] \cdot \left(\frac{360}{90} - 1\right)} = 1,009$$

Приріст меридіальних напружень в обичайці на зовнішній та внутрішній поверхнях в робочих умовах, МПа:

$$\Delta\sigma_H = \frac{Q_d + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}}}{\pi \cdot D \cdot (S_0 - c)} = \frac{1,005 \cdot 10^5 + \frac{4 \cdot 2,515 \cdot 10^6}{100}}{3,14 \cdot 90 \cdot (50 - 2)} = 14,818$$

$$\Delta\sigma_1 = \frac{T \cdot \omega \cdot \Delta M_{01}}{D \cdot (S_0 - c)^2} = \frac{1,009 \cdot 0,515 \cdot (-2,255 \cdot 10^6)}{90 \cdot (50 - 2)^2} = -6,092$$

$$\Delta\sigma_{21} = \Delta\sigma_H + \Delta\sigma_1 = 14,818 - 6,092 = 8,726$$

$$\Delta\sigma_{22} = \Delta\sigma_H - \Delta\sigma_1 = 14,818 + 6,092 = 20,909$$

Окружні напруження в обичайці на зовнішніх поверхнях при зтяжці, МПа:

$$\sigma_{23} = 0,3 \cdot \sigma_1 = 0,3 \cdot 57,334 = 17,2$$

$$\sigma_{24} = -0,3 \cdot \sigma_1 = -0,3 \cdot 57,334 = -17,2$$

Приріст окружних напружень в обичайці на зовнішній та внутрішній поверхнях в робочих умовах, МПа:

$$\Delta\sigma_{23} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)^2} + 0,3 \cdot \Delta\sigma_1 = \frac{12,8 \cdot 90}{2 \cdot (50 - 2)^2} + 0,3 \cdot (-6,092) = -1,577$$

$$\Delta\sigma_{24} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)^2} - 0,3 \cdot \Delta\sigma_1 = \frac{12,8 \cdot 90}{2 \cdot (50 - 2)^2} - 0,3 \cdot (-6,092) = 2,077$$

Умови міцності фланця при розрахунку статичної міцності

Межа текучості матеріалу фланця при розрахунковій температурі, МПа:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

$$[\sigma]_{s0} = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_B}\right) \cdot [\sigma] = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{204}{460}\right) \cdot 136 = 491,374$$

де $\sigma_{0,2} = 204$ МПа; $\sigma_B = 460$ МПа; $[\sigma] = 136$ МПа.

Межа текучості матеріалу фланця при температурі 20°C, МПа:

$$[\sigma]_{s0}^{20} = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{\sigma_{0,2}^{20}}{\sigma_B^{20}}\right) \cdot [\sigma]^{20} = \left(4,5 - 2 \cdot \frac{220}{410}\right) \cdot 147 = 503,744$$

де $\sigma_{0,2}^{20} = 220$ МПа; $\sigma_B^{20} = 410$ МПа; $[\sigma]^{20} = 147$ МПа.

Вибираємо найменше значення $[\sigma]_{s0} = 491,374$ МПа.

Умови міцності фланця при розрахунку статичної міцності

При зтяжці:

$$\sigma_{s0} = \sqrt{\sigma_{21}^2 + \sigma_{23}^2 - \sigma_{21} \cdot \sigma_{23}} = \sqrt{57,334^2 + 17,2^2 - 57,334 \cdot 17,2} = 50,96$$

$$\begin{aligned} \sigma_{s0} &= \sqrt{\sigma_{22}^2 + \sigma_{24}^2 - \sigma_{22} \cdot \sigma_{24}} \\ &= \sqrt{(-57,334)^2 + (-17,2)^2 - (-57,334) \cdot (-17,2)} = 50,96 \end{aligned}$$

Вибираємо найбільше значення

$$\sigma_{s0} = 50,96 \leq [\sigma]_{s0} = 491,374$$

Умова виконується.

В робочих умовах:

$$\begin{aligned} \sigma_{s0} &\sqrt{(\sigma_{21} + \Delta\sigma_{21})^2 + (\sigma_{23} + \Delta\sigma_{23})^2 - (\sigma_{21} + \Delta\sigma_{21}) \cdot (\sigma_{23} + \Delta\sigma_{23})} = \\ &= \sqrt{(57,334 + 8,726)^2 + (17,2 + (-1,577))^2 - (57,334 + 8,726) \cdot (17,2 + (-1,577))} = 59,8 \\ \sigma_{s0} &= \sqrt{(\sigma_{22} + \Delta\sigma_{22})^2 + (\sigma_{24} + \Delta\sigma_{24})^2 - (\sigma_{22} + \Delta\sigma_{22}) \cdot (\sigma_{24} + \Delta\sigma_{24})} = \\ &= \sqrt{(-57,334 + 20,909)^2 + (-17,2 + 2,077)^2 - (-57,334 + 20,909) \cdot (-17,2 + 2,077)} = \\ &= 31,696 \end{aligned}$$

Вибираємо найбільше значення

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

$$\sigma_{s0} = 59,8 \leq [\sigma]_{s0} = 491,374$$

Умова виконується.

Рівень напруженого стану не перевищує допустимий

Вимоги жорсткості.

$$\theta + \Delta\theta = 3,622 \cdot 10^{-4} - 3,848 \cdot 10^{-5} = 3,237 \cdot 10^{-4} \leq [\theta] = 0,013$$

Умова виконується.

Висновки: товщина стінки апарата, фланцеве та болтове з'єднання а також латунна прокладка забезпечують умови міцності та жорсткості фланця.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до закону України "Про охорону праці", прийнятому у 1992 році і, на все нове обладнання, що розробляється, необхідно розробляти нешкідливі безпечні умови для обслуговуючого персоналу. Тому питання безпеки та покращення умов праці разом з підвищенням продуктивності машини та продукції, що випускають, є визначальним для конструктора полімерного обладнання.

Відповідно до теми магістерської дисертації «Модернізація установки виробництва спіненого поліетилену з розробкою сушарки та формуючого пристрою» передбачено розрахунок і проектування лінії для виробництва спіненого поліетилену. Установку параметрів технологічного процесу і контроль здійснює оператор лінії. Пульти оператора знаходяться в виробничому приміщенні. Створення здорових і безпечних умов праці на підприємстві обумовлюють необхідність раннього виявлення шкідливих і небезпечних факторів, для того щоб на стадії проектування намітити заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу. Лінія для виробництва спіненого поліетилену знаходиться в приміщенні площею 300м², та об'ємом 1800м³.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні машини являються:

- повітря робочої зони;
- ураження електричним струмом;
- вплив деталей, що рухаються і обертаються, механізмів і матеріалів;
- виробничий шум і вібрації.
- повітря робочої зони

Повітря робочої зони

Робота оператора екструдера відноситься до категорії середньої важкості П.б. Величина енерговитрат для цієї категорії робіт складає 172-293 Дж/с відповідно. Оптимальна температура, °С : холодний період - 17-19, теплий

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

період –20-24. Волога повітря в цеху чинить великий вплив на терморегуляцію організму. Тому оптимальні величини відносної вологості складають 40-60%. Швидкість повітря впливає на розподіл шкідливих речовин в приміщенні. Повітряні потоки можуть розповсюджувати їх по всьому об'єму приміщення, переводити пил з осівшого стану у звішений. Мінімальна швидкість руху повітря, яку відчуває людина, складає 0,2 м/с. В зимову пору року швидкість руху повітря не перевищує 0,2-0,5 м/с, а літом - 0,2-1,0 м/с. В гарячих цехах допустиме збільшення швидкості обдуву до 3,5 м/с. Метеорологічні умови відповідають санітарним нормам ДСН3.3.6.042-99.

При змішуванні в екструдері виділяється значна кількість тепла, що призводить до небажаного підвищення температури в робочій зоні. Для усунення цього шкідливого фактору використовується природна вентиляція цеху. Крім того, в літній період застосовується механічна вентиляція у формі парасолі, яка встановлена у місці виділення надлишкового тепла.

Розрахунок механічної вентиляції.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.1

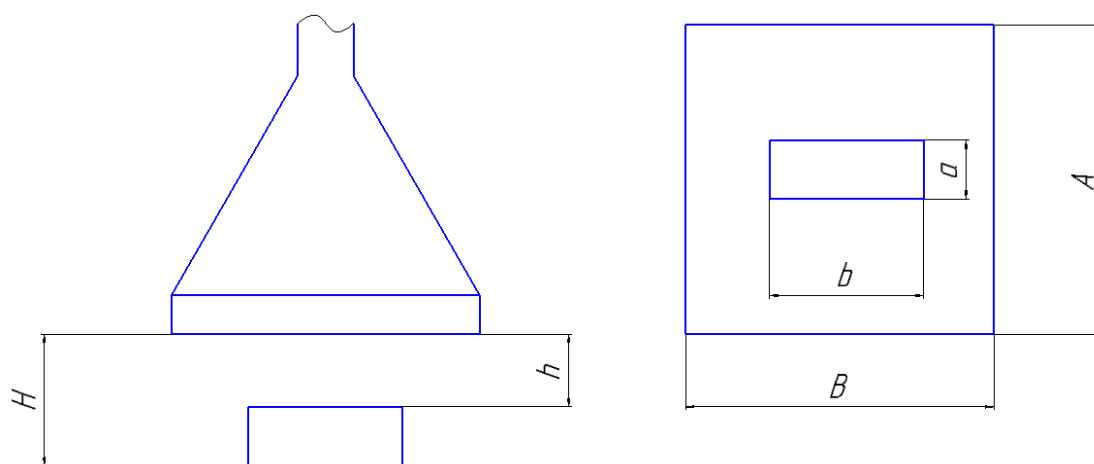


Рисунок 5.1 – Витяжна парасолька

Вихідні дані:

Висота підвісу зонти H , м 1,6;

відстань від пази зонти до поверхні, що перекривається h , м 0,8;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Ширина поверхні що перекривається a , м	0,7;
Довжина поверхні що перекривається b , м	4;
Відстань від низу зонти до поверхні що перекривається h , м	0,8;
Кут розкриття зонти φ	60;
Середня швидкість в розрахунковому перерізі зонти V , м/с	0,75;

Розрахунок ведемо за методикою що наведена у літературі

Розміри прямокутної парасолі:

$$A = a + 0,8 \cdot h = 0,7 + 0,8 \cdot 0,8 = 1,34 \text{ м.}$$

$$B = b + 0,8 \cdot h = 4 + 0,8 \cdot 0,8 = 4,64 \text{ м.}$$

Кут зачинення зонти φ маємо приймати не більше 60° (в цьому випадку осьова швидкість в перерізі зонти близька до середньої по всьому перерізу зонти).

Повна висота зонти:

$$h_3 = \frac{A - D}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} + h_6 = \frac{1,34 - 0,3}{2 \cdot 0,57735} + 0,2 = 1,1 \text{ м.}$$

де D – діаметр витяжної труби, $D = 0,3$ м;

h_6 – висота борту, $h_6 = 0,2$ м.

Площа витяжної зони прямокутної парасолі:

$$F = A \cdot B = 1,34 \cdot 4,64 = 6,22 \text{ м}^2.$$

Об'єм повітря, що видаляється витяжною трубою від парасольки:

$$L = 3600 \cdot F \cdot V = 3600 \cdot 6,22 \cdot 0,75 = 16794 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вибираємо осьовий вентилятор МЦ-8 за з заданими характеристиками:

Продуктивність $L = 20000 \text{ м}^3/\text{год}$; ККД – $\eta = 0,58$; Повний тиск – $P = 90 \text{ МПа}$.

Визначаємо потужність двигуна, кВт:

$$N = \frac{L \cdot k \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_b \cdot \eta_n} = \frac{20000 \cdot 1,5 \cdot 90}{3600 \cdot 102 \cdot 0,58 \cdot 0,6} = 21,13$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

де η_{Π} – ККД передачі, $\eta_{\Pi} = 0,6$.

Потужність електродвигуна N розраховується з коефіцієнтом запасу $k = 1,5$.

Приймаємо електродвигун потужністю $N = 25$ кВт з кількістю обертів $n = 950$ об/хв.

Електробезпека

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом. Для живлення використовується трифазна мережа з ізольованою нейтраллю. Напруга мережі $U_c = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц та сила струму $I = 30$ А.

Використання електричного обладнання і приладів виконано з суворого дотримання заходів електробезпеки.

Причинами враження електричним струмом можуть бути:

- дотик безпосередньо до струмопровідних частин установки, що діють під напругою;
- дотик до металевих конструктивних частин електроустановки, які не повинні знаходитися під напругою, але на корпусах, кожухах і огорожувальних пристроях може з'явитися напруга в результаті в результаті електричного пробоя чи природного старіння ізоляції;
- дотик інструментом і предметами, що мають малий опір, до ізоляції, до струмопровідних частин;
- дія дуги при операціях з відмикальними пристроям.

При праці на підприємствах хімічної промисловості виконуються наступні заходи безпеки:

- виконання ізоляції на елементах що проводять струм;
- стаціонарне огороження та розташування струмопровідних частин на не досяжній висоті;
- виконання механічного блокування;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- маркування електричних пристроїв та встановлення попереджувачих знаків;
- вільні підходи до електрообладнання;
- особлива увага до силового електрообладнання, його ізоляція періодично перевіряється (вимірюється опір ізоляції та випробується її електроміцність підвищеною напругою, опір ізоляції у холодному стані становить менш ніж 1,0 Ом, перевіряється цілісність ізоляції);
- все електрообладнання надійно заземлено згідно ГОСТ 12.1.030-86 та показано на Рисунку 5.2;

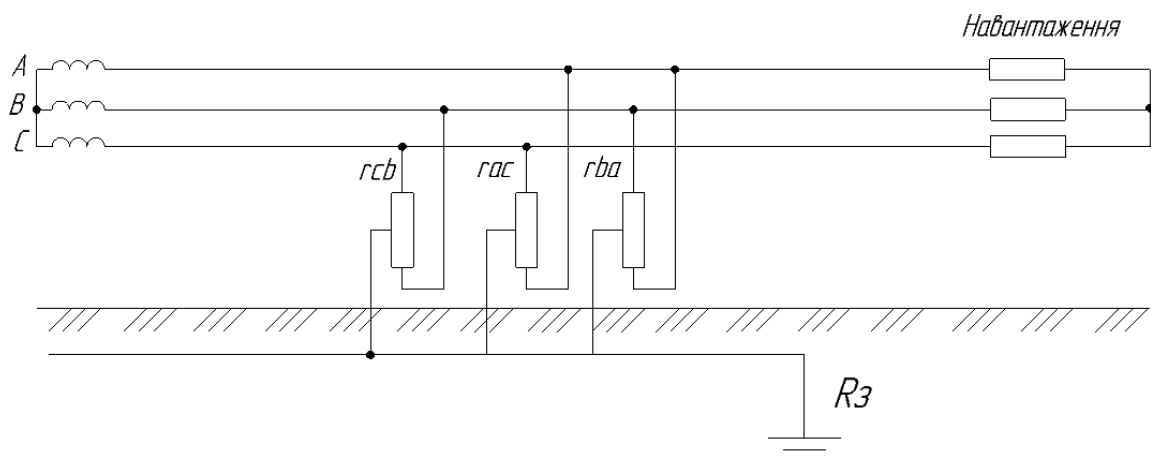


Рисунок 5.2 – Схема заземлення із загальним опором $R_z = 2,75 \text{ Ом}$

- монтаж обладнання, наладка, випробування та експлуатація виконується відповідно вимогам ГОСТ 12.3.019-86.

Вплив деталей що рухаються і обертаються

Під час вибору конструктивної схеми обладнання, всі рухомі частини обладнання розташували в компактних корпусах, станинах, які мають невелику кількість гострих країв, граней та частин, котрі виступають. При виборі елементів, що працюють під навантаженням, враховували їх надійність та жорсткість. На етапі проектування всі такі пристрої та вузли розраховують на міцність з врахуванням їх жорсткості та виду навантажень.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Найбільш травмонебезпечними місцями в пресі - ланцюги машини, що тягне. При проходженні в зоні вказаних пристроїв від оператора потребується підвищена увага. Оператору який обслуговує лінію, забороняється працювати при знятих кожухах та відкритих кришках, доторкатися руками до рухомих частин лінії.

Освітлення приміщення цеху

Добре освітлення робочих місць одна з важливих вимог охорони праці. Правильно спроектоване та виконане освітлення на підприємствах машинобудівної промисловості забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. Зберігання зору, стану нервової системи людини та безпека на виробництві у значній мірі залежить від умов освітлення. У виробничих приміщеннях передбачено робоче й аварійне освітлення. Приміщення з постійним перебуванням робітників повинні мати природне освітлення в границях норм, встановлених для робіт конкретного характеру. Світильники штучного освітлення розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності. Аварійне освітлення має забезпечувати спостереження за роботою під час раптового відключення робочого освітлення.

Для внутрішнього освітлення технологічних посудин та апаратів під час їх огляду і ремонту використовуються переносні світильники у вибухозахищеному виконанні напругою не більше 12 В, захищені металевою сіткою. Вибір освітленості приміщень зроблений по нормах у відповідності зі СНиП. 2.09.02-85. Типи світильників обрані в залежності від категорії приміщень і прийнятої освітленості.

Лінія для виробництва спіненого поліетилену знаходиться в приміщенні довжиною 30м, шириною 10 м, висотою 6м. Нормативна освітленість $E_n=300$ лк встановлені лампи ЛДР-400 (для нашого приміщення три ряди). В кожному ряду світловий потік лампи повинен складати $\Phi=19000$ лм. Якщо прийняти

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світильники з двома лампами ЛБ-40, то необхідна кількість світильників в приміщенні 48. Фактична освітленість E_{ϕ} -320. Напруга мережі загального робочого й аварійного освітлення 380/220В. Напруга на лампах 220В. Напруга ремонтного висвітлення 12В. Керування робочим і аварійним освітленням здійснюється автоматичними вимикачами з щитків освітлення, вимикачами, встановленими в приміщеннях, і централізовано з операторних, що відповідає вимогам ДБНВ 2.5.28-2Н6.

Виробничий шум

Шум - це будь-який небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує його працездатність, а також може сприяти отриманню травми в наслідок зниження сприйняття попереджувальних сигналів. Шкідливість шуму як фактора виробничого середовища і середовища життєдіяльності людини приводить до необхідності обмежувати його рівні. Зони з рівнем шуму більше 80 дБА позначені знаками безпеки й у таких зонах допускається працювати тільки в засобах індивідуального захисту, згідно з ГОСТ 12.4.051-87, які знижують шум до 20-22 дБА.

Інтенсивність розповсюдження шуму в повітрі можна зменшити за допомогою звукоізоляції, шумовідбиття або шумопоглинання, наприклад, встановленням на його шляху звукоізованих і шумовідбивних перешкод (стін, перегородок, кожухів тощо). Шумопоглинальна обробка приміщень (обладнання звукопоглинаючих облицювань стін, стелі, підлоги, розміщення в них поштучних звукопоглиначів) дозволяє суттєво зменшити рівень шуму на робочих місцях.

Джерелами шуму є:

- екструдер;
- електродвигун установки;
- вентиляційна система;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормований рівень шуму на робочих місцях забезпечується за рахунок:

- придбання устаткування, шумові характеристики якого відповідають вимогам санітарних норм, що повинно бути обговорене при висновку контракту на його постачання і підтверджено відповідними сертифікатами фірм виробників;
- вентагрегати систем загально обмінної вентиляції і встановлюються на підставах, що віброізолюють;
- приєднання вентагрегатів до всмоктувальної і нагнітальної систем здійснюється через гнучкі вставки з прогумованої тканини;
- вентилятори підібрані з мінімальними окружними швидкостями.
- підвищенням якості балансування обертових деталей;
- підвищенням класу точності виготовлення деталей;
- поліпшенням змащування;
- зміною підшипників кочення на підшипники ковзання.

У якості особистих засобів захисту органів слуху використовуються:

- протишумові навушники ПШН-Б;
- протишумові вкладиші «Беруши СТ-1».

З врахуванням зазначених заходів еквівалентний рівень шуму, що впливає на персонал протягом робочої зміни, не буде перевищувати 60 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99 “Шум. Загальні заходи безпеки”.

Вібрація

Вібрація може спричинювати стійкі порушення фізіологічних функцій організму людини, тому зменшення вібрації до безпечних параметрів є досить відповідальним завданням. Віробезпечні умови праці забезпечуються застосуванням і підтримкою в умовах експлуатації технічного стану обладнання на рівні, передбаченому нормативно-технічною й експлуатаційною документацією на них. Рівень вібраційної швидкості складає 26дБ. Норми вібрації встановлюються для тривалості робочої зміни 8 годин.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Джерелами вібрації на даній установці при неправильній експлуатації можуть бути:

- електродвигун;
- вентиляційна система;
- екструдер;

Існують наступні методи зменшення вібрацій за ГОСТ 26568-85:

- вібродемпфування;
- віброізоляція;
- введення ребер жорсткості на конструктивні елементи;
- шляхом застосування відповідної організації праці;
- застосування засобів індивідуального захисту та проведенням лікувально - профілактичних заходів.

Пожежна безпека та надзвичайні ситуації

Технологічний процес виробництва спіненого поліетилену відноситься до категорії В (ОНТП-24-86). Стійкість споруди за СНиП 2. 01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості ІІ. Згідно ПУЕ клас зони установки ІІ-ІІА. Температура згорання поліетилену складає 150 °С з виділенням формальдегіду, ацельдегіду та інше. Найменша допустима межа вогнестійкості конструкції дорівнює 0,25 год, при верхній межі 2 год. Для запобігання розповсюдження пожежі з однієї будівлі на іншу між ними утворюють протипожежні розриви. При їх визначенні враховують ступінь вогнетривкості будівлі, так розрив між будівлею ділянки змішування та будинками з ступінню вогнетривкості ІІІ складає 9 метрів. Тип первинних засобів пожежогасіння - ручні порошкові вогнегасники.

Пожежна безпека об'єкта забезпечується:

- системою попередження пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановленням аварійної вентиляції.

При виникненні пожежі використовують порошкові вогнегасники такі як, "Сам 9" для пожежогасіння без участі людини.

Також при пожежі є велика імовірність отруєння токсичним парами що виділяються при горінні етилену, тому необхідна наявність засобів особистого захисту органів дихання та зору такого як «Повітряний апарат МПА».

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 число евакуаційних виходів з будівель, повинно бути не менш за 2. Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Ширина ділянок шляхів евакуації повинна бути не менша 1 м, а дверей на шляху евакуації - не менше 0,8 м. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу 50 м.

Балони з киснем, що встановлюються в приміщеннях, повинні знаходитися на відстані не менше 1 м від радіаторів опалення та інших опалювальних приладів, печей і не менше 5 м від джерел тепла з відкритим вогнем. Наповнені балони повинні зберігатися у вертикальному положенні. Для запобігання падінню балони треба встановлювати в спеціально обладнані гнізда, клітки або огорожувати бар'єром.

Склади для зберігання балонів повинні бути одноповерховими з покриттям легкого типу, не мати горищних приміщень. Стіни, перегородки, покриття складів повинні бути з негорючих матеріалів не нижче III ступеня вогнестійкості. Вікна та двері повинні відкриватися назовні. Віконні і дверні скла повинні бути матовими або зафарбовані білою фарбою. Висота складських приміщень повинна бути не менше 3,25 м від підлоги до нижніх виступаючих частин покриття. Підлоги складів мають бути рівними з неслизькою поверхнею.

У складах повинні бути вивішені інструкції, правила і плакати стосовно поводження з балонами.

Не припустимо:

- зняття запобіжного ковпака з кисневого балона ударами молотка, зубила та іншим інструментом, що можуть викликати іскру;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

- різке відкривання і закривання вентиля, що може привести до самозаймання кисню і вигорання частин вентиля і редуктора;
- падіння, перенесення їх на руках і плечах;
- зберігання і переміщення без нагвинчених на їхні горловини запобіжних ковпаків та заглушок на бічних штуцерах вентилів;
- попадання різного виду масел, торкатися до них руками забрудненими маслом.

Кисневі балони повинні бути пофарбовані у голубий колір та підписані відповідною назвою чорною фарбою.

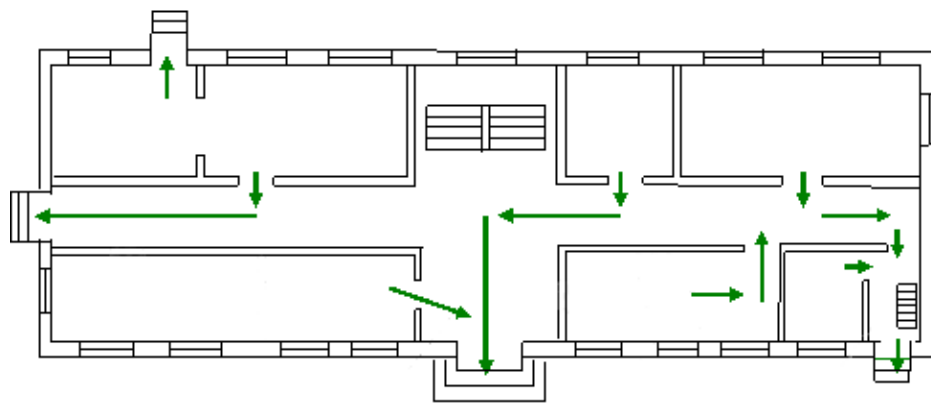


Рисунок 5.3 - Схема евакуаційних виходів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

98

6. Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів установки виробництва спіненого поліетилену

Сушарка.

Сушарка піднімається за стропувальні вушка, які знаходяться на кришці апарата за допомогою вантажопідйомних пристроїв, і кріпиться на фундамент в вертикальному положенні за допомогою опор. Вантажопідйомність крана на необхідному для монтажу вильоті крюка повинна бути не меншою за масу апарата.

Після установа апарата на фундамент або інше підґрунтя, необхідно провести перевірку по відхиленням від проектних осей та відміток в горизонтальному та вертикальному напрямках.

Допустимі відхилення по головним осям апарата повинні знаходитися в межах від $-20 \cdot 10^{-3}$ м до $+20 \cdot 10^{-3}$ м. Висотна відмітка змонтованого апарата не повинна перевищувати відхилення до $10 \cdot 10^{-3}$ м. Відхилення апарата від осі вертикалі повинно знаходитися в межах $3 \cdot 10^{-3}$ м на 1 м висоти, але не більше $35 \cdot 10^{-3}$ м на весь апарат.

Перевірка правильності встановлення має проводитись з допомогою теодоліта, рівнеміра та підвісу.

При монтажі окремих частин апарата необхідно звернути увагу на розташування фланцевих з'єднань та їх відхилення від проектних відміток.

Особливості монтажу комплектуючих деталей та агрегатів полягає в тому, щоб при монтажі співпадали всі роз'ємні з'єднання. Важливо, щоб співпадали з'єднання трубопроводів.

Після закінчення монтажних робіт апарат має неодмінно пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В програму випробувань входить пневматичне випробування апарата разом з трубопроводами на тиск, який вказаний на кресленні. При випробуваннях виявляють герметичність та надійність роботи вентилів, кранів, клапанів та іншої арматури, а також щільність всіх роз'ємних з'єднань.

Підготовка апарата до експлуатації включає перевірку витрат теплоносіїв, температур теплоносіїв на вході та на виході з апарату, тиск всередині апарата та в трубопроводі. При цьому слід звернути увагу на легкість та надійність управління технологічним процесом.

Результати випробувань виявляють дефекти та недоліки, які заносять в акт випробувань на конкретно взятий апарат.

Апарат вважається прийнятим в експлуатацію після підписання акту з боку представників монтажною організацією та замовника.

Правильна експлуатація апарата забезпечується шляхом організації та введення обліку за наступними показниками:

- кількість вихідних технологічних матеріалів та готового продукту;
- годинна, змінна, добова, місячна та річна витрата енергоносіїв та продуктів;
- питома витрата та економія енергії по нормованим видам продукції, по агрегатам та підприємству в цілому.

Оптимальний режим роботи сушарки забезпечується підтриманням заданих температур, витрат, тисків при номінальній витраті повітря.

У випадку зупинки установки необхідно припинити подачу повітря, а потім відключити живлення. Вивантаження апарата та його промивку проводити за інструкцією. При зупинці на тривалий строк апарат необхідно обов'язково розвантажити.

Під час складання та ремонту трубопроводів необхідно спостерігати за тим, щоб в трубах не залишались сторонні предмети. Вся апаратура, арматура, вимірювальні пристрої і трубопроводи після зупинки і ремонту повинні бути випробувані на міцність та справність дії.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формуюча головка.

При монтажу круглощільової формуючої головки виконуються такелажні роботи, які складаються із навантажувально-розвантажувальних операцій, переміщення вантажу від складу до місця монтажу, а також підйоми його на висоту з установкою та закріпленням на фундаменті.

Навантажувально-розвантажувальні операції виконуються за допомогою гусеничних та пневмоколесних кранів: МКГ-16,25; СКГ-30,40,100,160; К-51,61,104. Для переміщення і транспортування формуючої головки використовують трактори або автомобілі з прицепними платформами. При монтажу виробу рекомендується використовувати метод ковзання або вижимання. Перед початком монтажу перевіряється відповідність фундаменту проекту. Після установки станини з приводом на фундамент провести вивірку на відхилення від проектних осей. До станини з приводом в місці упорного підшипника з'єднати з корпусом формуючої головки за допомогою зубчатої передачі. Корпус з'єднати болтами М24 з екструдером за допомогою фланцевого з'єднання що нагвинчується на адаптер. Шланги прямого та зворотнього потоку, що призначені для підтримання необхідного температурного режиму розплаву, з'єднати з трубою охолодження за допомогою різьби, що завінчена у трубу. На кожному з фланців мається кінцевик, що ввінчується у трубу. Вільні кінці шлангів з'єднати з джерелом постачання масла та відповідно з комунікацією. Після закінчення монтажних складальних робіт формуюча головка підлягає іспиту.

Зварювальні роботи повинні відповідати ГОСТ 12.3.003-75. Експлуатація та ремонт круглощільової формуючої головки здійснюється відповідно “Системи технічного обслуговування та ремонту обладнання“, “Правилами пожежної безпеки при експлуатації підприємств”.

Всі види профілактичного огляду, поточного та капітального ремонту, повинні відмічатись в спеціальному журналі, а відомості про заміну деталей та вузлів – в паспорті апарату.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

До обслуговування формуючого пристрою допускаються люди, які знають її конструкцію, принцип роботи, і ті, що пройшли технічне навчання та інструктаж по техніці безпеки, які мають посвідчення дозволу роботи на машині. Обслуговування та налагодження електрообладнання та засобів автоматизації повинні проводитися тільки спеціалістами з відповідною кваліфікацією. При проведенні монтажних-налагоджувальних робіт, а також при експлуатації електрообладнання повинні бути передбачені заходи безпеки згідно відповідної документації.

Перед початком роботи робочий повинен:

- 1) перевірити справність всіх механізмів;
- 2) переконатися в чистоті робочого місця;
- 3) переконатися в наявності стисненого масла в системі;
- 4) переконатися в справності контрольно-вимірювальної апаратури;

Про всі несправності помічені до початку або протягом роботи потрібно сповістити механіка.

Забороняється підтягувати різьбові з'єднання і проводити інші роботи. Очищення механізмів обладнання проводити щоденно, закінчивши роботу, після повної зупинки машини. Під час очищення проводити огляд всіх вузлів і виявлені при цьому несправності негайно усунути.

Працівники, які обслуговують машину повинні бути вдягнуті згідно інструкції по техніці безпеки. Забороняється вдягати спецодяг зі стрічками та зав'язками. Робоче місце повинно завжди бути вільним від сторонніх речей, підлога повинна бути рівною та очищеною від масла і води.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення і використання стандартів з метою упорядкування діяльності у визначеній області, економного використання ресурсів, дотримання вимог техніки безпеки, підвищення якості продукції і послуг.

Уніфікація (від лат. Unus – один і facio – роблю) – приведення продукції і засобів виробництва або їх елементів до однієї форми, розмірам, структури, складу. В техніці і будівництві – раціональніше зменшення типових розмірів (марок, форм і т.д.). Машинобудувальних і будувальних об’єктів однакового функціонального призначення; найрозповсюдженіший і найефективніший метод стандартизації.

Конструкція формуючої головки та сушарки відповідає вимогам:

ОСТ 26-01-147-82.

Розміри корпусів формуючої головки та сушарки виконуються за галузевими стандартами заводів-виробників.

Визначимо рівень стандартизації та уніфікації сушарки.

Коефіцієнт стандартизації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{156}{175} = 0,89$$

де $n_c = 156$ – кількість стандартних деталей в апараті; $N = 175$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{156 + 5}{175} = 0,92$$

де $n_z = 5$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

Визначимо рівень стандартизації та уніфікації сушарки.

Коефіцієнт стандартизації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{279}{294} = 0,94$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $n_c = 279$ – кількість стандартних деталей в апараті; $N = 294$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{279 + 6}{294} = 0,96$$

де $n_z = 6$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

Висновок: провівши розрахунки ми визначили, що рівень стандартизації і уніфікації сушарки та формуючої головки досить високий.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розроблення стартап проекту

8.1. Опис ідеї проекту

Екструзійне обладнання є невід'ємною частиною переробки полімерних матеріалів (пластмас) у вироби що застосовуються повсюди у повсякденному житті людей. Корисна модель належить до техніки переробки спіненого поліетилену, являє собою формуючу головку екструдера дорн якої виконано з центральним отвором, та перфорованим, і може бути використана при виготовленні профільних виробів без внутрішньої порожнини з спіненого поліетилену. Така конструкція дозволяє збільшити тиск у головці при збереженні діаметру вихідного отвору у матриці.

Формуюча головка – це пристрій що забезпечує необхідний температурний та гідродинамічний режими, за рахунок автоматики, протікання розплаву полімеру та формує кінцевий профіль виробу на виході.

Таблиця 8.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити формуючу головку, дорн якої виконується перфорованим у радіальному напрямі та з центральним отвором	Виготовлення формуючої головки з кращими гідродинамічними характеристиками, що може застосовуватися на екструзійному обладнанні. Це вікриває нам можливість продавати даний виріб компаніям та підприємствам що займаються екструзійними процесами.	Забезпечення інтенсифікації процесу екструзії
		Краща якість продукції (рівномірна спіненість поліетилену по всьому перерізу виробу)

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання (модернізація формуючої головки екструдера дорн якої виконано з центральним отвором, та перфорованим). Ми гарантуємо ефективність

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок інтенсифікації самого процесу, покращення основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень через системи комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновації, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодженням нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженою інновацією в обладнанні.

Формуюча головка екструдера складається з: корпусу, проміжної матриці, матриці, решітки та дорну. Дорн виконано з центральним отвором та радіальною перфорацією. Щільність з'єднання елементів між собою забезпечується гарячою посадкою з натягом та відповідними різьбовими з'єднаннями [21].

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї а саме: інтенсифікація процесу за рахунок покращеної гідродинаміки, менші габаритні розміри, більша вартість даного обладнання та універсальність за рахунок можливої заміни формуючого пристрою на інший.
- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів–замінників чи товарів–аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку. Це такі компанії як «Рубежанский трубный завод», «Укрпромсоюз» та «Валром Украина» і попередньо оцінюється за вартістю, габаритними розмірами, продуктивністю, та кількістю бракованої продукції. На даний момент субститутів як таких не існує.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		106

- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні), наведено в таблиці 8.2. [21].

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1 «Рубежанский трубный завод»	Конкурент 2 «Укрпромсоюз»	Конкурент 3 «Валром Україна»			
Вартість формуючої головки, грн	1300000	950000	1200000	1100000	+	–	–
Габарити м/м	0,96/0,52	1,3/0,6	1,2/0,62	1,25/0,4	–	–	+
Продуктивність, кг/год	320	320	320	320	–	+	–
Вихід бракованої продукції при пуску, м	3	5	4	6	–	–	+
	197	159	150	143	–	–	+

Основною перевагою над конкурентами є: менші габаритні розміри, менша кількість бракованої продукції при пуску установки та менші енергозатрати на пусковий режим. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів.

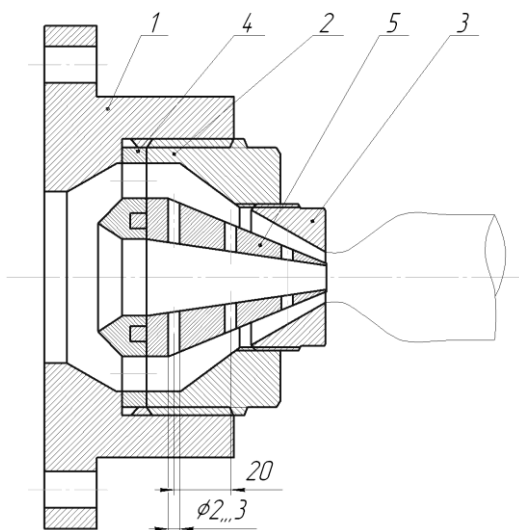
Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Застосування формуючих головок дуже вузьке. В залежності від виду та профілю вихідного отвору вони можуть використовуватися для виготовлення виробів різного профілю, або для переробки різного виду полімерів та гум. Застосовуються в основному в обладнанні на підприємствах для виготовлення труб, листів, нанесення ізоляції і т.п.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики [23].

Конструкцію формуючої головки наведено на рисунку 8.1.



1-корпус; 2-проміжні матриця; 3-матриця; 4-решітка; 5-дорн.

Рисунок 8.1 – Конструкція формуючої головки

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

1. За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

Елементи формуючої головки виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь.

2. Чи існують такі технології, чи їх потрібно створювати?

Такі технології існують і їх цілком достатньо. В розробці/добробці їх немає необхідності.

3. Чи доступні такі технології авторам проекту?

Так, дані технології цілком доступні.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Інтенсифікація процесу екструзії	Модернізована конструкція дорну матриці	На даний момент відомо багато конструкцій формуючих пристроїв, однак процес екструзії можна зробити ефективнішим	Література для вивчення процесу екструзії представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
2	Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізація формуючої головки, нова технологічна лінія виробництва формуючих пристроїв	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено достатню кількість виробників екструзійного обладнання
<p>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</p> <p>Модернізована конструкція дорну матриці з покращеними гідродинамічними властивостями.</p>				

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим за рахунок наявних на сьогодні технологій та їх доступності та не складності придбання необхідних комплектуючих та устаткування

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.4).

Зростання обсягів виробництва екструзійного обладнання до 2007 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу екструзійного обладнання пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів яким потрібні вироби з полімерів для різних потреб.

Падіння обсягів виробництва екструзійного обладнання в 2009-2011 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу [24].

На нашу думку, на даний момент виробництво екструзійного обладнання в Україні знаходиться на етапі насичення та стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що продукція що виготовляється на нашому обладнанні користується попитом у багатьох галузях промисловості нашої державі. Ця продукція є завжди актуальною. Тому дана галузь має гарне фінансування. Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		110

Основні виробники екструзійного обладнання в Україні: ООО «Рубежанский трубный завод», ООО «Укрпромсоюз», ООО «Валром Украина», ООО «ТД Мегапласт».

У Світі: Arburg GmbH + Co KG (Німеччина), Guangdong Liansu Machinery Manufacturing (Китай), MEPER Machinery Manufacturing (Китай), EREMA Engineering Recycling Maschinen und Anlagen GmbH (Австрія), Moretto S.p.A. (Італія).

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	16000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Висока точність виробів
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	80

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		111

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в комплектуючих для екструзійного обладнання, потреба в підвищенні енергоефективності.	Компанії, що виготовляють екструзійне обладнання, машинобудівельні компанії тощо.	Ціна, габаритні розміри, стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO)	- до продукції: якість продукції, відповідність всім нормативам, щодо міцності, надійності, можливість заміни комплектуючих, зручність в експлуатації та в обслуговуванні. - до компанії-постачальника: швидкість доставки та встановлення, можливість подальшого обслуговування по гарантії, наявність запасних комплектуючих

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на фактори внутрішньо маркетингового та зовнішньо маркетингового середовища. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До факторів зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико-правові, соціально-культурні, економічні, науково-технічні і фактори демографічного середовища [24]. Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» . «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців. Дороговартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту.
Зсув стратегічного курсу країни з промислового сектору в агропромисловість	Зменшення кількості клієнтів в Україні.	Шукати клієнтів у агросекторі.
Нестабільна конфліктна ситуація в Україні на Сході	Наявність клієнтів та підприємств що працюють у безпосередній близькості до зони конфлікту	Шукати клієнтів за кордоном.
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Підвищення ціни на продукцію.
Науково-технічні: Зміна технології виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих послуг та науково-технічного розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.
Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

113

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні: Застаріла конструкція екструзійного обладнання Невідповідність якості продукції наших споживачів вимогам нового часу науково- технічному розвитку галузі, створення нових апаратів	Поява нової технології виробництва екструзійного обладнання.	Розробка нового обладнання та конструкцій формуючих інструментів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні	Збільшення населення, покращується попит на продукцію.	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Високий інтелектуальний потенціал компанії	Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
1. Тип конкуренції: Монополістична	Товар кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми. Диференціація товарів створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними технічними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національний	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість національних клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Максимальна присутність на виставках та форумах.
3. За галузевою ознакою: Міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

115

Продовження таблиці 8.8

1	2	3
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем задоволення певних його потреб продукцію.	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб та точок зору різних категорій клієнтів
5. За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
6. За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера [25]. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Основні компанії, що виготовляють екструзійне обладнання: ООО «Рубежанский трубный завод», ООО «Укрпромсоюз», ООО «Валром Украина», ООО «ТД Мегапласт».	Усі науково дослідницькі підприємства з гарною технічно, матеріальною та інвестиційною базами; іноземні підприємства	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика за кордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Так від постачальника буде залежити час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку не висока а підприємства що наявні не спрямовані на модернізацію свого

обладнання, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.6, 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість обладнання для виробництва виробів різного призначення.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ціна	Саме по собі екструзійне обладнання дуже дороге через високі вимоги до точності виготовлення, через технології та комплектуючі з якого воно виробляється.
2.	Інноваційність технології	Так як ми будемо співпрацювати з науково-технічною базою університету ми зможемо залучати молодих фахівців для розробки обладнання.
3.	Енерго- та ресурсозбереження	Великі витрати на енергетичний та матеріальні ресурси.
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.
5.	Асортимент	Ми надаємо комплекс послуг по розробці виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту [26].

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	10					△	□	◇
2.	Інноваційність технології	10		△	◇	□			
3.	Енерго- та ресурсозбереження	5		△	□	◇			
4.	Можливість виходу на закордонний ринок	0		◇		□, △			
5.	Асортимент	12				◇	□	△	

* □ – ООО «Рубежанский трубный завод»

△ – ООО «Укрпромсоюз»

◇ – ООО «Валром Украина»

Сильні сторони проекту: інноваційність технології екструзійного обладнання; можливість виходу на закордонний ринок та енерго- та ресурсозбереження.

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється та ціна.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Можливість виходу на закордонний ринок - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності... - Можливо збільшити кількість наданих послуг - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Висока вартість впровадження проекту. - Відсутність постачальників
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Поява нової технології виробництва екструзійного обладнання. - Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг 	<ul style="list-style-type: none"> - Недостатній рівень фінансування галузі - Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

120

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок [27].

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Виготовлення модернізованого обладнання, яке можна застосовувати в різних галузях промисловості	Низька	2 роки
2.	Модернізація вже застарілих формуючих пристроїв.	Достатня	1,5 роки
3.	Обслуговування екструзійного обладнання	Достатня	9 місяців

Після аналізу обираємо альтернативу модернізації вже застарілих формуючих пристроїв.

Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		121

(таблиця 8.14). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [28].

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Прос-тота входу у сегмент
1.	Приватні компанії пластмасо- та резино-переробного виробництва	Висока	Високий	Середня	Висока
2.	Державний сектор різних галузей промисловості	Середня	Середній	Висока	Середня

Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній хімічної та нафтопереробної промисловості, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії пластмасо- та резино-переробного виробництва і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу. Одна зі стратегій охоплення ринку, за якої компанія прагне охопити найбільшу частину одного або кількох субринків. При концентрованому маркетингу увага зосереджується на одному сегменті. Він особливо привабливий для організацій з обмеженими можливостями [29].

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		122

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Підписання довгострокових контрактів	Диференційований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення своєї діяльності.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16). що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект [30].

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару. 3. Необхідна якість виконання обладнання.	Стратегія спеціалізації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Програми лояльності за тривалі контракти 3. Супровід товару 4. Технічна підтримка	1. Надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми надання різноманітних послуг.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Висока потреба в модернізації існуючого обладнання	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Підвищення продуктивності процесу екструзії
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція
3.	Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [31].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Покращення якості готового продукту – формуючого пристрою; зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
	Вирішення проблем пов’язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Екструзійне обладнання, особливістю яких є використання модернізованого формуючого пристрою. 1. Надійність 2. Енерго- та ресурсозбереження 3. Доступна ціна 4. Інноваційність технології 5. Безпека: відповідність нормативам; 7. Технологічні: оптимізації витрат праці та часу.	+/+	+/+/-/+/+
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: Техпласт		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи		
	Після продажу: • встановлення; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.			

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субституту, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20– Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	500000-3 млн.грн.	500000-3 млн.грн – ціни дуже високі	Підприємства великі та середні	5000-10000 грн/год консультація, в онлайні безкоштовно.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21) [23]:

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власні сили
2.	Консультування при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги [25].

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		128

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет, конференції, соціальні мережі, електронна пошта	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповіді на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність»
2.	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет, соціальні мережі, реклама на	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас »
3.	Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового

середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки [27].

Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту по виготовленню інноваційного екструзійного обладнання (а саме формуючого обладнання). На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки на надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як, середні та великі підприємства, що займаються виготовленням екструзійного обладнання та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері;

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						130
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У магістерській дисертації модернізовано установку виробництва спіненого поліетилену. Проведено опис технологічного процесу виробництва спіненого поліетилену, підбрано сушарку, формуючий пристрій, вибрано технічні характеристики цих апаратів, обґрунтовано обрані конструкції апаратів, проведено патентний пошук, розроблені заходи, щодо вимог охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність установки та апаратів, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методик розрахунків, подано рекомендації з монтажу та експлуатації, оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, розроблено стартап проект, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі (основа матриці) та схеми автоматичного керування технологічним процесом формування заготовки з розплаву.

Проведено модернізацію установки виробництва спіненого поліетилену шляхом заміни формуючого інструменту. У результаті модернізації дана конструкція дозволяє збільшити тиск у формуючому інструменті та попередити передчасне спінення поліетилену в каналі. Запропоновано, та отримано патент на нову конструкцію формуючого інструменту.

Графічна частина складається з десяти креслень в перерахунку на формат А1. Виконані креслення схеми установки спінення поліетилену, функціональна схема автоматизації, складальне креслення сушарки, креслення корпусу та кришки сушарки, складальне креслення формуючої головки та формуючого інструменту, креслення фланця (основи матриці), основи дорну, наконечника матриці, опори дорну та наконечника дорну, складальне креслення пристосування для закріплення фланця (основи матриці) на свердлильному верстаті. До складальних креслень складено специфікації.

За результатами роботи отримано деклараційний патент України на корисну модель формуючої головки, опубліковано три тези доповідей на міжнародних конференціях та статтю у науковому фаховому виданні.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		131

Выводы

В магистерской диссертации модернизировано установку производства вспененного полиэтилена. Проведено описание технологического процесса производства вспененного полиэтилена, подобрано сушилку, формирующее устройство, выбрано технические характеристики этих аппаратов, обоснованно выбор конструкции аппаратов, проведен патентный поиск, разработаны требования к охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность установки и аппаратов, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методик расчетов, даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, разработан стартап проект, проведена разработка технологического процесса изготовления детали (основа матрицы) и схемы автоматического управления технологическим процессом формирования заготовки с расплава.

Проведена модернизация установки производства вспененного полиэтилена путем замены формирующего инструмента. В результате модернизации данная конструкция позволяет увеличить давление в формирующем инструменте и предупредить преждевременное вспенивание полиэтилена в канале. Предложено, и получен патент на новую конструкцию формирующего инструмента.

Графическая часть состоит из десяти чертежей в пересчете на формат А1. Выполнены чертежи схемы установки вспенивания полиэтилена, функциональная схема автоматизации, сборочный чертеж сушилки, чертежи корпуса и крышки сушилки, сборочный чертеж формирующей головки и формирующего инструмента, чертежи фланца (основы матрицы), основы дорна, наконечника матрицы, опоры дорна и наконечника дорна, сборочный чертеж приспособления для закрепления фланца (основы матрицы) на сверлильном станке. К сборочным чертежам составлены спецификации.

По результатам работы получено декларационный патент Украины на полезную модель формирующей головки, опубликовано три тезиса докладов на международных конференциях и статью в научном профессиональном издании.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		132

Conclusions

In the Master's thesis the foamed polyethylene production line has been modernized. A description of technological process of foamed polyethylene production has been made; a dryer, a molding device and the technical characteristics of these apparatus have been selected, the designs of apparatus have been grounded, patent research has been carried out, Health and Safety requirements have been developed, calculations confirming the efficiency and reliability of a plant and apparatus have been made, part of the calculations was made in the form of programs describing the calculation methods, recommendations for installation and operation are given, the level of standardization and unification of the developed apparatus has been estimated, a startup project has been designed, the development of technological process of model manufacturing (matrix basis) and the automatic control scheme of the technological process of forming the workpiece from the melt has been carried out.

The modernization of foamed polyethylene production line has been carried out by replacing the molding tool. As a result of modernization, this design allows to increase the pressure in the molding tool and prevent premature foaming of the polyethylene in the channel. A patent on a new design of a molding tool has been proposed and received.

The graphic part consists of ten drawings of A1 format. The drawings of the scheme of foamed polyethylene production line, the functional scheme of automation, the assembly drawing of a dryer, the drawing of a case and the lid of the dryer, the assembly drawing of a forming head and the molding tool, drawing of a flange (matrix basis), the mandrel base, the tip of the matrix, a support of the mandrel and a mandrel tip, assembly drawing of the device for fastening the flange (matrix base) on the drilling machine have been made. Specifications for assembly drawings have been made.

Based on the findings of the Master's thesis, a declarative patent of Ukraine on a useful model of a forming head has been obtained, the results have been presented at 3 international conferences, an article in a professional journal has been published.

					<i>ЛН71мн.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						133
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. http://www.siginsulation.co.uk/show_prod.asp?ProdID=2482&CatID=37&SubCatID=81 дата звернення 06.12.2018.
2. ГОСТ 380-2005
3. ГОСТ 4543-71
4. ГОСТ 380-94
5. ГОСТ 461-80
6. ГОСТ 500-58
7. Патент № 125384 (Україна) МПК F28D 15/02 Теплотрубна геліосушарка /Заявники: Шаповалов Андрій Андрійович, Панов Євген Миколайович, Стрельцова Юлія Валеріївна Шаповал Артем Андрійович. – Автори: Шаповалов Андрій Андрійович, Панов Євген Миколайович, Стрельцова Юлія Валеріївна Шаповал Артем Андрійович. – Опубл. 10.05.2018.
8. Патент № 126786 (Україна) МПК F26B 9/00 Термоелектрична сушарка /Заявники: Стручаєв Микола Іванович, Романько Михайло Євгенович, Постол Юлія Олександрівна, Петров Віктор Олексійович, Попова Ірина Олексіївна. – Автори: Стручаєв Микола Іванович, Романько Михайло Євгенович, Постол Юлія Олександрівна, Петров Віктор Олексійович, Попова Ірина Олексіївна – Опубл. 10.07.2018.
9. Патент № 126230 (Україна) МПК F26B 17/00 Сушарка зерна шахтна / Заявники: Степаненко Сергій Петрович, Швидя Віктор Олександрович, Прилуцький Анатолій Назарович, Анеляк Михайло Михайлович. – Автори: Степаненко Сергій Петрович, Швидя Віктор Олександрович, Прилуцький Анатолій Назарович, Анеляк Михайло Михайлович, Сокольський Олександр Леонідович. – Опубл. 11.06.2018.
10. Patent № WO 2012/171082 (Germany), Int. cl. F26B 17/24 Method and speed dryer for drying solid bulk materials with gas in a fluidized bed / Applicant Kosseva Radislava Andreeva. – Inventor Kosseva Radislava Andreeva. – Pub. Date: 05.07.2017.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		134

11. Patent № WO 2012/018320 (USA), Int. cl. F26B 5/06 Bulk freeze drying using spray freezing and stirred drying (USA) / Applicant Suckling Andrew Michael. – Inventor Suckling Andrew Michael. Pub. Date: 04.10.2017.
12. Патент № 115094 (Україна) МПК В29С 47/20 Кільцева екструзійна головка / Заявники: Олексієвець Василь Федорович, Двойнос Ярослав Григорович. – Автори: Олексієвець Василь Федорович, Двойнос Ярослав Григорович. – Опубл. 10.04.2017.
13. Патент № 127230 (Україна) МПК В29С 47/12 Екструзійна головка / Заявник Мікульонок Ігор Олегович. –Автор Мікульонок Ігор Олегович. – Опубл. 25.07.2018.
14. Патент № 2578152 (Україна) МПК В29С 47/14 Екструзійна головка / Заявник Сокольский Олександр Леонідович. – Автор Сокольский Олександр Леонідович. – Опубл. 26.02.2018.
15. Patent № US 2018/0193891 A1 (USA), Int. cl. B29C 47/12 Extrusion of profiles utilizing opposite rotating dies (USA) / Applicant Mark Jansson Kragh. – Inventor Mark Jansson Kragh. – Pub. Date: Jul. 12, 2018.
16. Patent № US 100934 A1 (USA), Int. cl. B29C 47/20 Coextrusion mandrel for extrusion die (USA) / Applicant TRONOPLAST TECHNOLOGIES INC. – Inventor TRONOPLAST TECHNOLOGIES INC. Pub. Date: 22 June 2017
17. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М. Издательство «Химия» 1970г. - 432с.
18. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень»: Навч. посібник. – К.:ІСДО, 1995 – 184 с.
19. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник /. – К.НМК ВО, 1992 – 104 с.
20. А.С. Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования Том 1 Изд 2-е, перераб и доп. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002.- 846 с.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		135

21. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер.с англ. яз.; Под. ред В.П. Володина. – СПб.: Професия, 2007. – 472 стр., ил.
22. ГОСТ РД 26-15-88 Сосуды и аппараты. Нормы расчета на прочность и геометричность фланцевых соединений
23. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
24. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>.
25. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).
26. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.
27. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		136

інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

28. 5. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016).<http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>.

29. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

30. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

31. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

Додаток А
Технологія виготовлення основи матриці

					ЛН71мп. 703162.001 ПЗ	Арк.
						138
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	140
А.1 Вибір і обґрунтування вибору заготовки.....	141
А.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	142
А.2.1 Розрахунок припусків на обробку.....	143
А.2.3 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 11	148
А.2.4 Розрахунок норми часу на розсвердлювання отворів Ø 11	149
А.3 Опис конструкції та розрахунок пристрою	150
Перелік посилань	152

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Сацердатов А.О.				Технологія виготовлення основи матриці			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Двойнос Я.Г.								139	14
								КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. Контр.										
Затверд.										

Вступ

Метою розділу дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – фланець.

Деталь – фланець для формуючої головки, знаходиться у вузлі елементів матриці та формує, разом з усіма елементами, канал для проходження розплаву поліетилену та несе навантаження, оскільки він навантажений зовнішнім тиском. Фланець конструктивно має вигляд кришки з отвором та форму тіла обертання, всі поверхні доступні для робочого інструменту, тобто з точки зору технологічності він не складний у виготовленні та для виробничого контролю.

В процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

- розробка технології виготовлення фланця, в яку входить вибір методу;
- отримання заготовки і розрахунок припусків;
- вибір устаткування і інструментів для кожної операції;
- розрахунок режимів та сил різання;
- розрахунок норм часу.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		140

А.1 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Фланець виготовлений з матеріалу – сталь 40х.

Межа міцності (для даної сталі) [1]:

при розтягуванні $\tau_B = 600$ МПа;

при згині $\sigma_n = 220$ МПа.

Знаючи матеріал деталі і вимоги креслення, використовуємо для отримання заготовки метод лиття у піщано-глинисті форми за металевими моделями з машинним формуванням, яка забезпечує досягнення 9-го класу точності у відповідності з ГОСТ 26645-85.

Конфігурація відливки досить проста і дозволяє легко витягнути її з форми і з допомогою фігурного стержня отримати литий отвір під діаметри: $\varnothing 195$ та $\varnothing 86$, вся відливка може формуватися в одній опоці і ливарна форма буде мати один плоский роз'їм, який дотикається до торця.

Вибраний спосіб виготовлення заготовки є досить якісним і точним, не потребує великих витрат на виготовлення ливарної оснастки та організацію дільниці.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості відливки та невисоку вартість лиття в піщано-глинисті форми, заготовку будемо отримувати литтям у форму з машинним формуванням за металевими моделями. Клас точності – дев'ятий згідно ГОСТ 26645-85.

Перевага площини розніму форми полягає в тому, що в ній знаходяться найбільші розміри заготовки, чим досягається мінімальна глибина формування, невеликі перепади розмірів відливки завдяки формувальним уклонам і добра якість відливки. Крім цього вся відливка формується в одній опоці і на її поверхні не буде дефектів, які виникають через зміщення опок.

Ескіз заготовки фланця показано на рисунку А.1.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		141

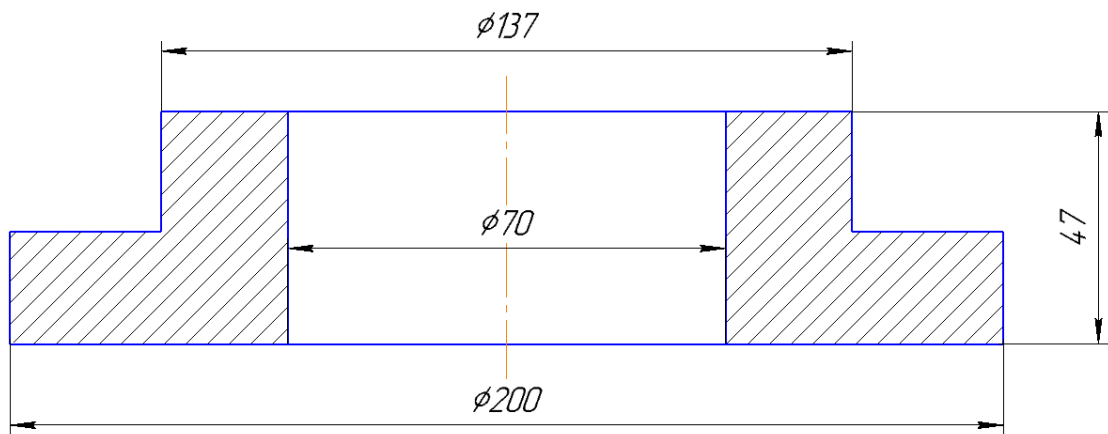


Рисунок А.1-Ескіз заготовки

А.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Операція 005. Токарна з ЧПУ

1. Точити поверхню $\varnothing 195$ мм
2. Зняти фаску $\varnothing 195$ мм
3. Чорнове точіння поверхні $\varnothing 89,5$ мм
4. Чистове точіння поверхню $\varnothing 89,5$ мм

Бази: установча – поверхня $\varnothing 135,5$ мм

Опорна – торець $\varnothing 135,5$ мм

Перевертаємо заготовку

5. Точити поверхню $\varnothing 135,5$ мм
6. Підрізати торець $\varnothing 135,5$ мм
7. Точити поверхню $\varnothing 100$ мм
8. Зняти фаску $\varnothing 195$ мм

Бази: установча $\varnothing 195$ мм, опорна база – торець $\varnothing 89,5$.

Модель верстата: токарний напівавтомат з ЧПУ (1П756ДФ321).

Пристосування: патрон трьохкулачковий самоцентрувальний з пневмоприводом.

Операція 010. Свердлильна з ЧПУ.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		142

1.Фрезерувати 8 отворів Ø17,5 мм

2.Свердлити 8 отворів Ø11 мм

3.Свердлити 8 отворів Ø7 мм

4.Свердлити 4 отвори Ø8 мм

5.Нарізати різьбу 8 отворів М8Н7

6.Нарізати різьбу 4 отвори М10Н7

Бази: торець Ø195/Ø135,5 мм; отвір Ø89,5 мм, торець Ø135,5/Ø100 мм

Обладнання: вертикально – свердильний з ЧПУ; модель – Р135Ф2

Пристосування: спеціальне з механічним затискачем.

А.2.1 Розрахунок припусків на обробку

Для циліндричної внутрішньої поверхні ($\varnothing 89,5 \pm 0,5$) припуск визначають за формулою:

$$2 \cdot z_{i \max} = 2 \cdot \left[(R_{z_{i-1}} + h_{i-1}) + \sqrt{(\rho_{i-1})^2 + \varepsilon_y^2} \right], \quad (A1)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ – сумарне відхилення розташування поверхні, отримане в результаті виконання попереднього переходу;

ε_i – похибка встановлювання заготовки на переході що виконується.

Визначаємо по формулі А.1 величину мінімального припуску на чорнове точіння:

$$\begin{aligned} 2z_{\min 2} &= 2 \cdot \left[(R_z + h)_1 + \sqrt{(\rho_{i-1})^2 + \varepsilon_1^2} \right] = \\ &= 2(150 + 200 + \sqrt{(1000^2 + 420^2)}) = 1435 \text{ мкм}, \end{aligned}$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		143

де $(R_z + h)_1 = 350$ мкм., $\varepsilon_1 = 420$ мкм.

Для литих поверхонь і поверхонь отриманих після механічної обробки, значення R_z і h вибираємо з таблиць [1] та записуємо в відповідні графи таблиці А1.

Сумарне відхилення:

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_e^2 + \rho_{жс}^2};$$

$$\Delta_K = 0,8$$

$$\rho_{жс} = \sqrt{(\Delta_K \cdot d) + (\Delta_K \cdot l)} = \sqrt{(0,8 \cdot 254)^2 + (0,8 \cdot 53)^2} = 207,57 \text{ мкм}$$

$$\rho_e = \sqrt{\rho^2 + \rho_{жс}^2} = \sqrt{1000^2 + 207,57^2} = 1021,31 \text{ мкм}$$

$$\rho_{заг} = \sqrt{\rho_e^2 + \rho_{жс}^2} = \sqrt{1021,31^2 + 207,57^2} = 1042,18 \cong 1040 \text{ мкм}$$

Визначаємо по формулі А.1 величину мінімального припуску на чистове точіння:

$$\begin{aligned} 2z_{\min 3} &= 2 \cdot \left[(R_z + h)_2 + \sqrt{(\rho_{i-1})^2 + \varepsilon_3^2} \right] = \\ &= 50 + 50 + \sqrt{(60^2 + 25^2)} = 165 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Залишкове просторове відхилення:

$$\rho_i = \rho_{заг} \cdot K_{yi};$$

після чорнового розточування : $\rho_1 = \rho_{заг} \cdot K_{y1} = 1000 \cdot 0,06 = 60$ мкм

$$\varepsilon_2 = 25 \text{ мкм}$$

під розверстування:

$$\begin{aligned} 2z_{\min 4} &= 2 \cdot \left[(R_z + h)_3 + \sqrt{(\rho_{i-1})^2 + \varepsilon_4^2} \right] = \\ &= 30 + 30 + \sqrt{40^2} = 100 \text{ мкм} \end{aligned}$$

після чистового розточування: $\rho_2 = \rho_{заг} \cdot K_{y2} = 1000 \cdot 0,04 = 40$ мкм

R_z – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (відбілений шар);

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні, отримане в результаті виконання попереднього переходу (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності);

ε_y – похибка встановлювання заготовки на переході що виконується.

Технологічний маршрут обробки отвору ($\varnothing 89,5 \pm 0,5$) складається з чорнового і чистового розточування та шліфування. Розточування та шліфування проводять в трьохкулачковому патроні.

Технологічний маршрут обробки будемо записувати в розрахункову таблицю 2. В таблицю також записуємо відповідні заготовки і кожному технологічному переходу значення елементів припуску [1].

Графу табл. 2 «Розрахунковий розмір d_i » заповнюємо, починаючи з кінцевого (креслярського) розміру шляхом послідовного додавання мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_4 = 89,5 \text{ мм};$$

$$d_3 = 89,5 - 0,25 \cdot 2 = 89 \text{ мм};$$

$$d_2 = 89 - 0,5 \cdot 2 = 88 \text{ мм};$$

$$d_1 = 88 - 2 \cdot 1,235 = 85,53 \text{ мм}.$$

Записавши у відповідній графі розрахункової таблиці значення допусків на кожний технологічний перехід і заготовку, у графі «Найменший граничний розмір» визначимо їх значення для кожного технологічного переходу, округлюючи розрахункові розміри збільшенням їх значень. Округлення проводимо до такого ж знаку десяткового дробу, з яким дано допуск на розмір кожного переходу. Найбільші граничні розміри розраховуємо відніманням допуску до округленого найменшого граничного розміру:

$$d_{i\max} = d_{i\min} - T_i;$$

$$d_{\text{гарmin}} = d_{1\max} - T_1 = 74 - 4 = 70 \text{ мм};$$

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		145

$$d_{2\min} = d_{2\max} - T_2 = 87,965 - 0,5 = 87,465 \text{ мм};$$

Граничні значення припусків $z_{i\max}$ визначаємо як різниця найбільших граничних розмірів і $z_{i\min}$ – як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2 \cdot z_{i\max}^{zp} = d_{i\min} - d_{(i-1)\min};$$

$$2 \cdot z_{1\max}^{zp} = d_{2\min} - d_{1\min} = 87,465 - 70 = 17465 \text{ мкм.}$$

$$2 \cdot z_{i\min}^{zp} = d_{i\max} - d_{(i-1)\max};$$

$$2 \cdot z_{2\min}^{zp} = d_{2\max} - d_{1\max} = 87,965 - 74 = 13965 \text{ мкм.}$$

Виконуємо перевірку вірності розрахунків:

$$2 \cdot z_{1\min} + 2 \cdot z_{2\min} + T_{заг} + T_1 + T_2 = 13465 + 1435 + 4000 + 500 + 200 = 19600 \text{ мкм}$$

$$D_{2\max} - D_{заг\min} = 89,6 - 70 = 19,6 \text{ мм}$$

Тобто розрахунки вірні.

В даному випадку визначаємо номінальний припуск з врахуванням симетричності розташування поля допуску заготовки [2].

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		146

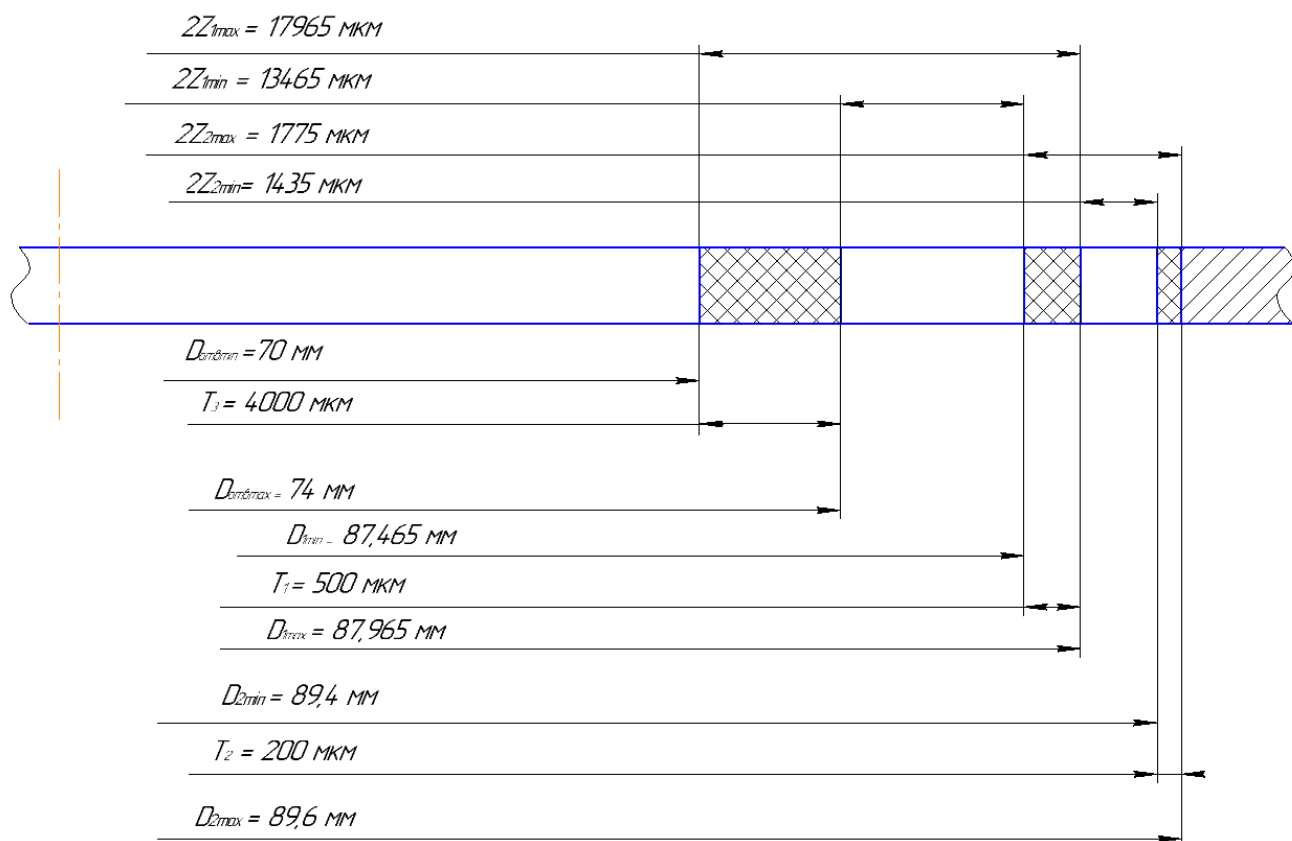


Рисунок А2 – графічний спосіб визначення розмірів при переходах
точіння отвору $\varnothing 89,5 \pm 0,1$

Таблиця 2. Розрахунок припусків та граничних розмірів по
технологічних переходах обробки отвору $\varnothing 89,5 \pm 0,1$

Технологічні переходи обробки	Елементи припуску, мкм				2zmin, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничне значення припуску, мм	
	Rz	h	ρ	ϵ				dmin	dmax	2zmin гр	2zmax гр
Заготовка	150	200	1000	-	-	70	4000	70	74	-	-
Чорнове розточування	50	50	60	420	2470	88	500	87,465	87,965	13,465	17,965
Чистове розточування	30	30	40	-	116	89,5	200	89,4	89,6	1,435	2,135
Всього										14,9	20,1

А.2.3 Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів Ø 11

Матеріал який оброблюється – сталь 40Х.

Глибина різання:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 11 = 5,5 \text{ мм},$$

де $D=11$ мм – діаметр отвору в деталі.

З подач, що рекомендуються призначаємо $S=0,28$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=45$ хв. [3].

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot k_v = \frac{9,8 \cdot 11^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,28^{0,5}} \cdot 0,75 = 22,58 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_v = 9,8$; $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$; $k_v = 0,75$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot k_p = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,28^{0,8} \cdot 0,9 = 13,57 \text{ Н} \times \text{м} ;$$

Значення коефіцієнтів та показників степеня

$$C_M = 0,0345 ; q = 2,0 ; y = 0,8 ;$$

k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_p = 0,9$.

де n – частота обертання сверла:

$$n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 22,58}{3,14 \cdot 11} = 653,73 \text{ об/хв}$$

По станку підбираємо наближене значення $n_\phi = 500$ об/хв тоді фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 500}{1000} = 17,27 \text{ м/хв}.$$

Потужність різання:

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		148

$$N_c = \frac{M_{об} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{13,57 \cdot 500}{9750} = 0,7 \text{ кВт};$$

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр}=4,5$ кВт.

Приймаємо наступні значення: $t=5,5$ мм, $S_0=0,28$ мм/об, $n_{\phi} = 500$ об/хв,
 $V_{\phi} = 17,27$ м/хв, $N = 0,7$ кВт.

Хвилинна подача $S_{хв} = 0,28 \cdot 500 = 140$ мм/хв.

А.2.4 Розрахунок норми часу на розсвердлювання отворів Ø 11

Штучно – калькуляційний (основний) час на свердління:

$$T_0 = \frac{l + l_{БР} + l_{ПЕР}}{S_{хв}} = \frac{10 + 5}{140} = 0,11 \text{ хв.}$$

де $l = 10$ мм – довжина поверхні, яка оброблюється;

$l_{БР} + l_{ПЕР} = 5$ мм – довжина врізання та перебігу інструменту.

Норми допоміжного часу визначені з довідників або за нормативами і зведені в таблицю А.3.

Таблиця А.3 Норми допоміжного часу.

Найменування дії оператора	Норма часу
1	2
Очистити пристрій від стружки	0,09
Встановити та зняти заготовку	0,4
Закріпити та відкріпити заготовку	0,1
Всього	0,59

Для одного отвору: $T_{ц.к.} = 0,11 + 0,59 = 0,7$ хв.

Для 8 отворів: $T = 0,7 \cdot 8 = 5,6$ хв.

А.3 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Пристосування складається з наступних основних частин: основа із вбудованим пневмоциліндром, поршень, станини, пластини кондукторної плити.

Основа пристосування встановлюється на столі верстату з базуванням по пазам $\varphi = 30F8$ зі шпонками і закріплюється гвинтом. Пневмоциліндр вбудований в основу з можливістю вертикального переміщення поршня зі штоком в результаті подачі стиснутого повітря в поршневий або штоковий об'єми.

Тяга згвинчена співвісно зі штоком пневмоциліндра і фіксується додатково гайкою. На основі пристосування закріплений фіксатор для забезпечення орієнтації заготовки відносно поверхонь, оброблених в попередніх операціях.

Пристосування працює таким чином:

Встановлюють заготовку на поршень. Фіксують гайку на поршні. Вмикають подачу стиснутого повітря в штоковий об'єм пневмоциліндра, поршень переміщується і закріплює заготовку до станини. Після обробки стиснуте повітря подається в поршневий об'єм пневмоциліндра, поршень переміщується. Знімаємо шайбу, потім деталь.

Схема сил, діючих у пристрої, показана на рисунку А.3.

Сила зсування, яка викликається обертанням інструмента

$$F_3 = \frac{M_{об}}{R} = \frac{13,57 \cdot 2}{0,170} = 159,7 \text{ Н},$$

де $R=0,17/2$ мм – радіус прикладання сили зсування.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		150

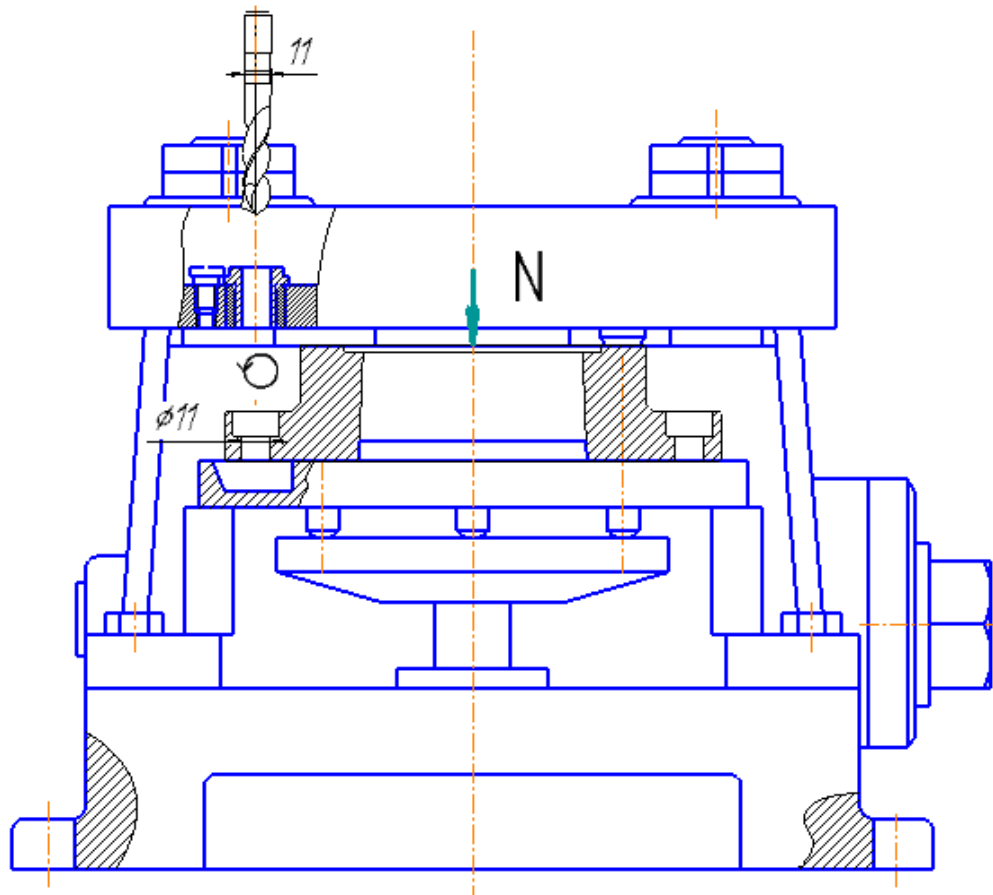


Рисунок А.3-Схема навантажень при закріпленні фланця

Сила притискання, яка забезпечить нерухомість закріплюваної деталі:

$$N = \frac{F_{\Pi}}{f} = \frac{159,7}{0,25} = 638,8 \text{ Н.}$$

Передаточне число механізму затискання $i=27$, зусилля, яке необхідно прикласти до ричагу:

$$P = \frac{N}{i \cdot \eta} = \frac{638,8}{27 \cdot 0,85} = 27,84 \text{ Н.}$$

Висновок: приймаємо $P=30 \text{ Н.}$

Перелік посилань

1. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски на машиностроении: Справочник. – М.: Машиностроение, 1976. – 288 с.
2. Методические рекомендации к практическим занятиям и индивидуальной работе по дисциплине «Технология машиностроения» для студентов специальностей химического машиностроения / Сост. С. С. Добрянский. – К.: КПИ, 1991. – 91 с.
3. Методические указания и контрольные задания по дисциплине «Теория резания» для студентов специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» и слушателей ФПК. Расчет режимов резания при сверлении / Сост. В. В. Коваленко. – К.: КПИ, 1985. – 60 с.

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		152

Додаток Б
Автоматичний контроль і керування процесом

					<i>ЛН71мп. 703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						153
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Зміст

Б.1 Постановка задачі автоматизація формуючої головки	155
Б.1.1 Опис технологічного процесу екструзії з точки зору автоматизації	155
Б.2 Формуюча головка, як об'єкт автоматизації	158
Б.3 Система автоматизації формуючої головки	159
Б.3.1 Автоматичний контроль	159
Б.3.2 Автоматичне регулювання	159
Б.3.3 Технологічна сигналізація і захист	159
Б.3.4 Дистанційне керування	160
Перелік засобів автоматизації	161
Перелік посилань	163

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ					
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Сацердатов А.О.			Автоматизація формууючої головки			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Степанюк А.Р.							154	10
								КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. Контр.										
Затверд.										

Б.1 Постановка задачі автоматизація формуючої головки

Автоматизація виробничих процесів є одним з основних напрямків технологічного прогресу виробництва.

Розв'язання задач вдосконалення технологічних процесів являє собою зростання ролі автоматизації технологічних процесів, засобів контролю та стабілізації технологічних параметрів, а також забезпечення безперервної роботи технологічного обладнання.

Система автоматичного контролю служить для прийняття інформації про хід процесу. Ця інформація реалізується в показаннях приладів, сигналізації. В основі роботи будь-якої автоматичної системи контролю лежить процес вимірювання контрольованої величини [1].

Автоматизація дозволяє збільшити продуктивність технологічного обладнання та продуктивність праці обслуговуючого персоналу, покращує якість продукції, підвищує безпечність роботи, а також дозволяє здійснити нові високо-інтенсивні процеси, які недоступні під час керування процесом вручну.

Автоматизація технологічних процесів пов'язана не тільки з вдосконаленням виробництва і покращенням умов праці, але і з підвищенням його рентабельності за рахунок покращення техніко-економічних показників і зниження матеріальних і трудових затрат на одиницю продукції з полімеру.

Під час переробки полімерів важливим фактором є досягнення та підтримання необхідних температурних режимів процесу. Ця задача покладена в основу автоматизованої системи керування формуючою головкою.

Б.1.1 Опис технологічного процесу екструзії з точки зору автоматизації

Формуюча головка (рисунок Б.1) призначена для отримання спіненого поліетилену на виході.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		155

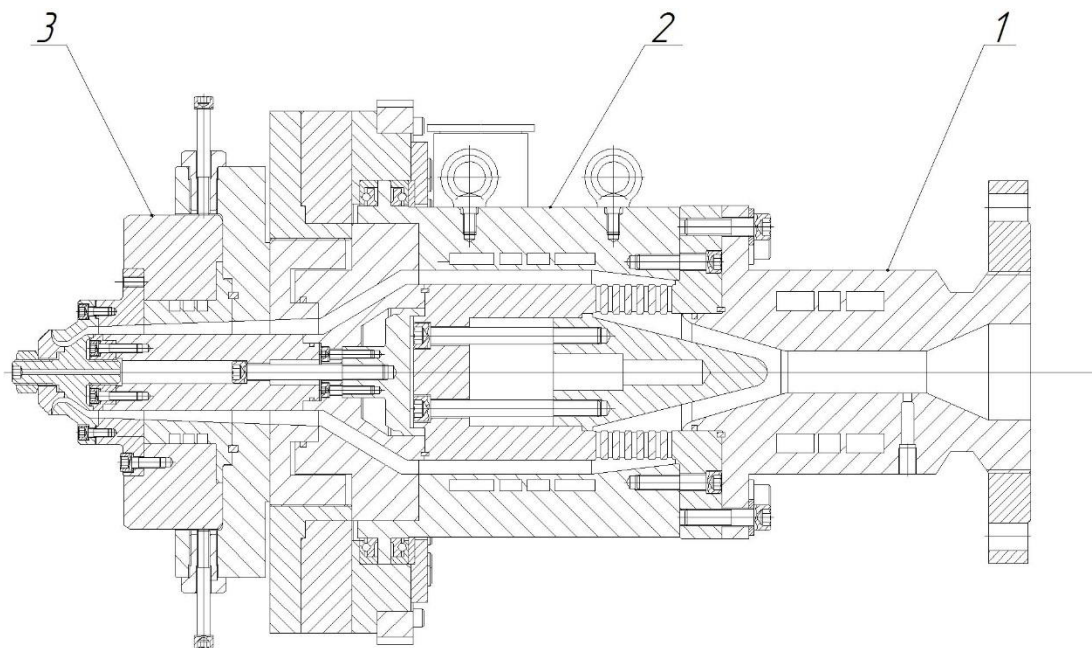


Рисунок Б.1 – Формуюча головка

Формуюча головка складається з 3-х основних зон: 1 – адаптер; 2 – корпус; 3 – матриця. Матеріал подається у адаптер 1 та проходить по циліндричному каналу через решітку до кільцевого каналу корпусу 2 звідки потрапляє до формуючого каналу матриці 3. На шляху свого проходження по всіх каналах температура розплаву контролюється датчиками температури та нагрівається або охолоджується в залежності від температури.

Екструзійна головка має канали, що складаються із вхідних, розподільовальних і формуючих ділянок. Кінцева форма і розміри профілю екструзійних виробів оформлюються мундштуком, який складається з матриці, що формує зовнішні поверхні виробу, і дорна, що формує внутрішні поверхні [2].

Мундштук виконано швидкозмінним для швидкого переходу на продукцію іншого типорозміру. Кріплення дорну проводиться на дорнотримачі. Також передбачено можливість регулювання товщини профілю на виході з формуючої головки за рахунок різьбового з'єднання болта з опорою дорна. На вході в головку встановлено решітку з пакетом сіток для фільтрування розплаву та створення потрібного перепаду тиску. Мундштук на виході має канал постійної геометрії для стабілізації течії розплаву [2].

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

ЛН71мп.703162.001 ПЗ

Арк.

156

При переробці полімерів найважливішою задачею є підтримка в зонах формуючої головки визначеної температури для запобігання перегріву або недогріву полімерного матеріалу [3].

Температура вимірюється за допомогою термопар, що встановлені на корпусі головки. Похибка виміру не повинна перевищувати $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$, оскільки відбувається зміна структури полімерного матеріалу, що у свою чергу приводить до втрати якості одержуваного виробу. У зв'язку з необхідністю підтримання температури на заданому рівні, корпус формуючої головки розділений на три незалежних температурних зони.

В цих зонах необхідно підтримувати температуру на рівні $130\text{--}125^{\circ}\text{C}$. В залежності від різниці між заданою і дійсною температурою, вмикається електронагрівач або вимикається. Температура в зоні завантажування не повинна перевищувати 130°C . В зоні 2 необхідно підтримувати температуру розплаву на рівні 127°C і в залежності від її значення вмикати або вимикати обігрів. В 3 зоні температура вже повинна бути найменшою і становити порядку 125°C .

Необхідно контролювати тиск розплаву полімеру на вході в формуючу головку, його величина не повинна перевищувати 30 МПа, інакше можливий вихід установки з ладу через поломку формуючої головки.

Якщо вищезазначені параметри не будуть підтримуватись на необхідному рівні, то це призведе до браку продукції і псуванню обладнання.

При надходженні розплаву полімерного матеріалу у вхідний канал 1 він проштовхується до розподілюваної ділянки 2 через фільтруючу решітку.

В цей момент на корпусі формуючої головки в залежності від її температури температура, за допомогою нагрівачів, підвищується або знижується через задані значення температури корпусу формуючої головки. На кожному нагрівачі встановлюється ізоляція. Температура вимірюється за допомогою термопар типу ТХК-05515 (позиції 1-1, 2-1, 3-1). Це відбувається в кожній з умовних температурних зон. Із 2 зони розплав полімеру надходить до формуючої зони 3. Також наявний датчик тиску (позиція 4-3), що визначає тиск

					ЛН71мн.703162.001 ПЗ	Арк.
						157
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

полімерного матеріалу на вході у формуючу головку. Сигнал потрапляє на вимикання установки, тобто на пункт керування SC (позиція 4-6). При необхідності, якщо тиск перевищує задані параметри, спрацьовує контур сигналізації і захисту, що зупиняє роботу всієї установки.

Б.2 Формуюча головка, як об'єкт автоматизації

Параметри що підлягають автоматизації та їх основні характеристики наведено в таблиці Б.1

Таблиця Б.1 - Параметри регулювання та контролю процесу

Найменування стадії екструзії, місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4
Зона вводу розплаву	Температура Тиск	130 °С 30 МПа	Контроль, регулювання, сигналізація
Зона формування заготовки розплаву кільцевого перерізу	Температура	130 °С	Контроль, регулювання, сигналізація
Зона формування заготовки кільцевого перерізу заданого розміру	Температура	130 °С	Контроль, регулювання, сигналізація

В головці має контролюватись: температура розплаву за рахунок електронагрівачів та теплообмінників, що регулюють температуру масла яке подається у відповідні канали по 3 зонам та вимірюється тиск розплаву для попередження аварії.

Б.3 Система автоматизації формуючої головки

Б.3.1 Автоматичний контроль

В формуючій головці контролюються наступні параметри:

1. Температура розплаву полімера контролюється ланцюгом: термopаpa ТХК-05515 (поз 1-1,...,3-1) → нормуючий перетворювач НП-ТЛ (поз. 1-2,...,3-2) → вторинний показуючий і реєструючий прилад КСУ-2 (поз. 1-3,...,3-3);

2. Тиск на виході з формуючої головки : пневмoeлeктpичний перетворювач САПФИР-22ДИ (поз. 4-1) →вторинний автоматичний показуючий і реєструючий прилад РМТ-49АМ/1 (поз.4-2);

Б.3.2 Автоматичне регулювання

1. Температура розплаву полімера регулюється: вимірюючий блок ІО-04 (поз.1-4,...,3-4) → задатчик реостатний ЗУП (поз. 1-5,...,3-5) → регулюючий блок Р-12(поз.1-6,...3-6) → станція керування БУ-21 (поз. 1-7,...3-7).

2. Регулювання тиску на виході з формуючої головки через регулювання обертів черв'яка: задатчик реостатний ЗУ-11 (поз. 4-4) → регулюючий блок Р-12 (поз. 4-3) → блок керування БУ-12 (поз. 4-5) → автоматичний регулюючий блок «УНИВЕРСАЛ-3,7(Б)» (поз. 4-6).

Б.3.3 Технологічна сигналізація і захист

Система сигналізації працює наступним чином. Якщо в автоматичному контурі регулювання температур № 1, 2, 3, значення параметра не відповідає допустимій нормі робочої температури, то автоматично вмикається сигналізація. Система оповіщає оператора преса про вихід технологічного параметра за задані межі: HL1 - вихід параметру за нижню допустиму границю значення, HL2 - вихід параметру за верхню допустиму границю значення.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						159
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

В каскадному контурі регулювання тиску № 4, при виході технологічного параметра за задані межі, загоряються лампочки: HL7 - вихід параметру за нижню допустиму границю значення, HL8 - вихід параметру за верхню допустиму границю значення. Вмикається автоматична сигналізація, якщо поточне значення тиску перевищує допустиму норму. У тому випадку якщо поточне значення перевищує критичну норму, то вмикається захист, після чого сигнал потрапляє на вимикання установки, тобто на пункт керування SC (позиція 4-6).

Система сигналізації привертає увагу оператора не тільки візуально, а й за допомогою звуку. Для цього передбачений контур 5 з дзвінком, який спрацьовує при відхиленні технологічного параметра за критичні межі.

Б.3.4 Дистанційне керування

На щиті автоматизації використовується блоки керування HSA (позиція 1-7,...3-7, 4-5), які подають сигнал на магнітні пускачі NS (позиція 1-8, 1-9, 2-8 2-9, 3-8, 3-9), що розміщені по місцю.

Пуск або зупинка привода преса відбувається на щиті автоматизації за допомогою ключа на станції керування SC (поз.4-6).

Висновок

Проведено автоматизацію процесу переробки полімеру в формуючій головці в схемі виробництва спіненого поліетилену. Технологічні параметри, що автоматизуються: температура по зонах. Технологічні параметри, що виірюються: тиск на вході у формуючу головку.

Рішення по автоматизації в даній схемі надають можливість повної автономної роботи головки. Потрібно тільки присутність оператора, щоб слідкувати за процесом екструзії полімеру по приладах, які розміщені на пульті керування.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						160
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Перелік засобів автоматизації

№ позиції на схемі	Найменування параметра	Граничне значення параметру	Місце встановлення	Найменування та характеристика	Кількість
1-1, 2-1, 3-1	Рівень температур в головці	130 °C	Корпус Формуючої головки	Термопара	3
1-2, 2-2, 3-2	Перетворення сигналу в електричний	(0...5 мА)	щит КВП	Нормуючий перетворювач	3
1-3, 2-3, 3-3	Температура стінки	130 °C	щит КВП	Вторинний прилад	3
1-4, 2-4, 3-4	Температура стінки	130 °C	щит КВП	Вимірюючий блок	3
1-5, 2-5, 3-5	Температура стінки	130 °C	щит КВП	Задатчик реостатний	3
1-6, 2-6, 3-6	Температура стінки	130 °C	щит КВП	Регулюючий блок	3
1-7,2-7,3-7	Температура стінки	130 °C	щит КВП	Блок керування	3
1-8,1-9, 2-8, 2-9, 3-8, 3-9	Температура стінки	130 °C	місцеве	Магнітний пускач	6
4-1	Тиск на вході в головку	30 МПа	щит КВП	Пневмоелектричний перетворювач	1
4-2	Тиск на вході в головку	30 МПа	щит КВП	Вторинний автоматичний прилад	1
4-3	Тиск на вході в головку	30 МПа	щит КВП	Регулятор	1
4-4	Тиск на вході в головку	30 МПа	щит КВП	Задатчик реостатний	1

Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата

ЛН71мн.703162.001 ПЗ

Арк.

161

4-5	Тиск на вході в головку	30 МПа	щит КВП	Блок керування	1
4-6	Тиск на вході в головку	30МПа	щит КВП	Автоматичний регулюючий блок	1
5-1	-	-	щит КВП	Мікроперемичка	1
НЛ	Світлова сигналізація	-	щит КВП	Сигнальна лампа	8

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		162

Перелік посилань

1. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие. Изд. 3-е, перераб. и доп. Под ред. Б.Т. Кошарского. – Л.: Машиностроение (ленинград. отделение), 1976. – 488 с.
2. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер.с англ. яз.; Под. ред В.П. Володина. – СПб.: Професия, 2007. – 472 стр., ил.
3. Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посіб. / О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, І.О. Мікульонок.

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						163
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Додаток В
Документація до патентного дослідження

					<i>ЛН71мп. 703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						164
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Документація до патентного дослідження

Регламент пошуку № ЛН71мп.703162.100 РП

Найменування теми: Формуюча головка екструдера

Шифр теми: ЛН71мп.703162.000

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.703162.000, 01.11.18

Об'єкт пошуку – винаходи та корисні моделі

Предмет пошуку – Формуюча головка.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності проектованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США.

Регламент пошуку: 2017–2018

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК 6 – В29С 47/00, В29С 47/70, В29С 47/12.

– уніфікована десяткова класифікація УДК 678.5.

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України.

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>.

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Формуюча головка екструдера.	Визначення патентно-здатності проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США.	МПК 6 – B29C 47/00, B29C 47/70, B29C 47/12, УДК 678.5	2017-2018	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей. Підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база	Бібліографічні дані	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Формуюча головка екструдера.	Україна, США.	МПК 6 – B29C 47/00, B29C 47/70, B29C 47/12, УДК 678.5	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/	Описи корисних моделей патентів України Описи винаходів патентів США	Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посіб. / О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, І.О. Мікульонюк – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 130с.: іл. – Бібліогр.: с.125-127. – 300 прим. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер.с англ. яз.; Под. ред В.П. Володина. – СПб.: Професия, 2007. – 472 стр., ил.

Таблиця В.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Кільцева екструзійна головка	Патент № 115094 (Україна) МПК В29С 47/20 Кільцева екструзійна головка /Заявники: Олексієвець Василь Федорович, Двойнос Ярослав Григорович. – Автори: Олексієвець Василь Федорович, Двойнос Ярослав Григорович. – Опубл. 10.04.2017	Діє
Екструзійна головка	Патент № 127230 (Україна) МПК В29С 47/12 Екструзійна головка /Заявник Мікульонок Ігор Олегович. – Автор Мікульонок Ігор Олегович. – Опубл. 25.07.2018	Діє
Екструзійна головка	Патент № 2578152 (Україна) МПК В29С 47/14 Екструзійна головка /Заявник Сокольський Олександр Леонідович. – Автор Сокольський Олександр Леонідович. – Опубл. 26.02.2018	Діє
Extrusion of profiles utilizing opposite rotating dies	Patent № US 2018/0193891 A1 (USA), Int. cl. B29C 47/12 Extrusion of profiles utilizing opposite rotating dies (USA) / Applicant Mark Jansson Kragh. – Inventor Mark Jansson Kragh. – Pub. Date: Jul. 12, 2018	Діє
Coextrusion mandrel for extrusion die	Patent № US 100934 A1 (USA), Int. cl. B29C 47/20 Coextrusion mandrel for extrusion die (USA) / Applicant TRONOPLAST TECHNOLOGIES INC. – Inventor TRONOPLAST TECHNOLOGIES INC. Pub. Date: 22 June 2017	Діє

Таблиця В.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Формуюча головка екструдера.	Проектування формуючих пристроїв обладнання для переробки пластмас: навч. посіб. / О.Л. Сокольський, В.І. Сівецький, І.О. Мікульонок.	К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 130с.: іл. – Бібліогр.: с.125-127. – 300 прим.
Формуюча головка екструдера.	Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты / Пер.с англ. яз.; Под. ред В.П. Володина.	СПб.: Професия, 2007. – 472 стр., ил.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

Регламент пошуку № ЛН71мп.703162.200 РП

Найменування теми: Сушарка

Шифр теми: ЛН71мп.703162.200

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН71мп.703162.200, 01.11.18

Об'єкт пошуку – винаходи та корисні моделі

Предмет пошуку – Сушарка.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Німеччина, США.

Регламент пошуку: 2017–2018

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК 6 – F28D 15/02, F26B 9/00, F26B 17/00, F26B 17/24, F26B 5/06.

– уніфікована десяткова класифікація УДК 678.5.

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України.

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>.

Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Сушарка	Визначення патентно-здатності проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Німеччина, США.	МПК 6 – F28D 15/02, F26B 9/00, F26B 17/00, F26B 17/24, F26B 5/06, УДК 678.5	2017-2018	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей. Підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Таблиця В.6 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база	Бібліографічні дані	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Сушарка	Україна, Німеччина, США.	МПК 6 – F28D 15/02, F26B 9/00, F26B 17/00, F26B 17/24, F26B 5/06, УДК 678.5	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/	Описи корисних моделей патентів України Описи винаходів патентів США Описи винаходів патентів Німеччини	М.В.Лыков: «Сушка в химической промышленности» М. Издательство «Химия», 1970г. 432с.

Таблиця В.7 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Теплотрубна геліосушарка	Патент № 125384 (Україна) МПК F28D 15/02 Теплотрубна геліосушарка /Заявники: Шаповалов Андрій Андрійович, Панов Євген Миколайович, Стрельцова Юлія Валеріївна Шаповал Артем Андрійович. – Автори: Шаповалов Андрій Андрійович, Панов Євген Миколайович, Стрельцова Юлія Валеріївна Шаповал Артем Андрійович. – Опубл. 10.05.2018	Діє
Термоелектрична сушарка	Патент № 126786 (Україна) МПК F26B 9/00 Термоелектрична сушарка /Заявники: Стручаєв Микола Іванович, Романько Михайло Євгенович, Постол Юлія Олександрівна, Петров Віктор Олексійович, Попова Ірина Олексіївна. – Автори: Стручаєв Микола Іванович, Романько Михайло Євгенович, Постол Юлія Олександрівна, Петров Віктор Олексійович, Попова Ірина Олексіївна – Опубл. 10.07.2018	Діє
Сушарка зерна шахтна	Патент № 126230 (Україна) МПК F26B 17/00 Сушарка зерна шахтна / Заявники: Степаненко Сергій Петрович, Швидя Віктор Олександрович, Прилуцький Анатолій Назарович, Анеляк Михайло Михайлович. – Автори: Степаненко Сергій Петрович, Швидя Віктор Олександрович, Прилуцький Анатолій Назарович, Анеляк Михайло Михайлович. Сокольський Олександр Леонідович. – Опубл. 11.06.2018	Діє
Method and speed dryer for drying solid bulk materials with gas in a fluidized bed	Patent № WO 2012/171082 (Germany), Int. cl. F26B 17/24 Method and speed dryer for drying solid bulk materials with gas in a fluidized bed / Applicant Kosseva Radislava Andreeva. – Inventor Kosseva Radislava Andreeva. – Pub. Date: 05.07.2017	Діє
Bulk freeze drying using spray freezing and stirred drying	Patent № WO 2012/018320 (USA), Int. cl. F26B 5/06 Bulk freeze drying using spray freezing and stirred drying (USA) / Applicant Suckling Andrew Michael. – Inventor Suckling Andrew Michael. Pub. Date: 04.10.2017	Діє

Таблиця В.8 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Сушарка.	М.В.Лыков: «Сушка в химической промышленности»	М. Издательство «Химия», 1970г. 432с.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

Додаток Г
Комп'ютерний розрахунок

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						175
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Комп'ютерний розрахунок гідравлічного опору круглого кільцевого каналу формуючої головки

На рисунку Г.1 зображено блок-схему до розрахунку.

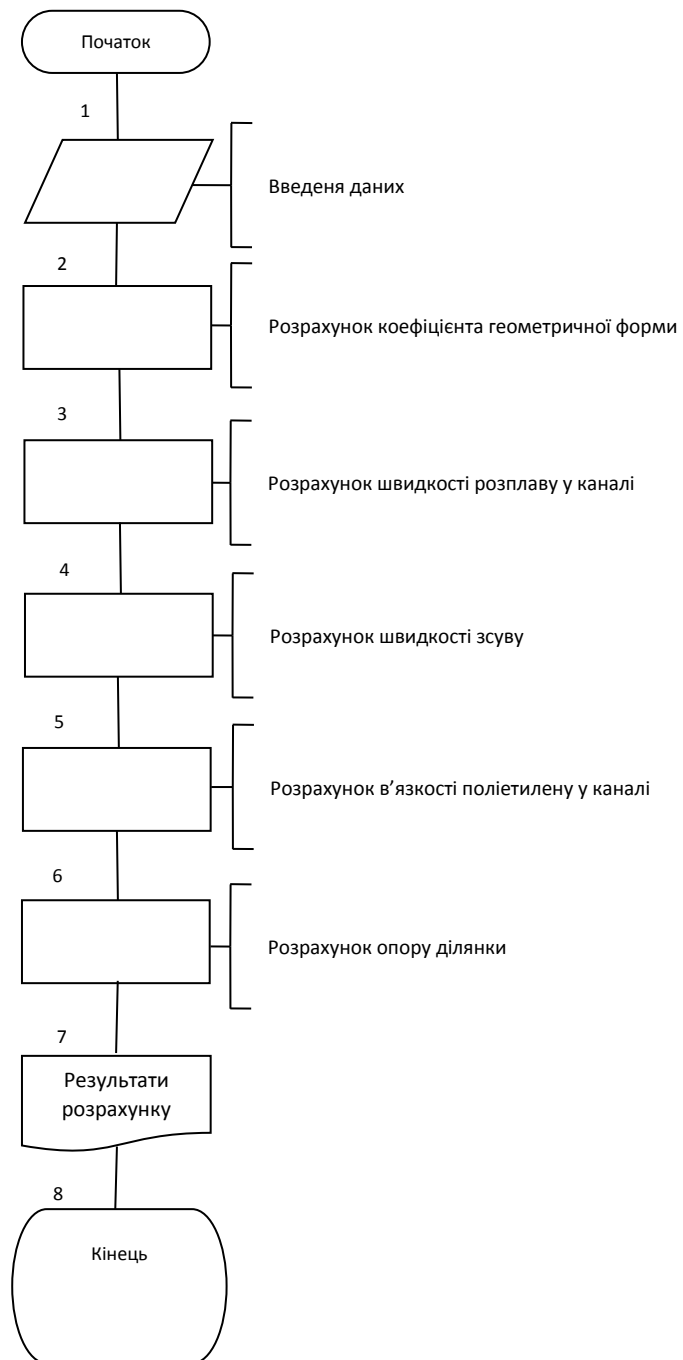


Рисунок Г.1 – Блок-схема розрахунку гідравлічного опору круглого кільцевого каналу формуючої головки

**Таблиця ідентифікаторів програми розрахунку гідравлічного опору
круглого кільцевого каналу формуючої головки**

Таблиця Г.1– Перелік ідентифікаторів

Назва	Позначення	Розмірність	Ідентифікатор
Об'ємна продуктивність	Q	$\text{м}^3/\text{с}$	Q
Зовнішній радіус кільцевого каналу	$R_{з1}$	м	$R_{з1}$
Внутрішній радіус кільцевого каналу	$R_{в1}$	м	$R_{в1}$
Довжина каналу	L_1	м	L_1
Зовнішній діаметр кільцевого каналу	$d_{з1}$	м	$d_{з1}$
Внутрішній діаметр кільцевого каналу	$d_{в1}$	м	$d_{в1}$
Товщина каналу	S_1	м	S_1
Коефіцієнт геометричної форми	K_1	-	K_1
Швидкість розплаву в каналі	V_1	$\text{м}/\text{с}$	V_1
Швидкість зсуву	γ_1	с^{-1}	γ_1
Коефіцієнт консистентності	K_n	$\text{Па}/\text{с}$	K_n
В'язкість поліетилену	μ_1	$\text{Па}\cdot\text{с}$	μ_1
Гідравлічний опір каналу	ΔP_1	Па	ΔP_1
Показник степеня	n	-	n

**Програма та результати розрахунку гідравлічного опору круглого
кільцевого каналу формуючої головки**

$$Q := 9.672 \times 10^{-5} \quad n := 0.2 \quad K_{\Pi} := 2 \cdot 10^4 \quad L1 := 0.174$$

$$R_{з1} := 0.096 \quad R_{в1} := 0.083 \quad d_{з1} := 0.192 \quad d_{в1} := 0.166 \quad S1 := 0.013$$

$$K1 := \frac{\left(\frac{\pi}{8} \cdot L1\right) \cdot \left[R_{з1}^4 - R_{в1}^4 - \left(R_{з1}^2 - R_{в1}^2\right)^2\right]}{2.31 \log\left(\frac{R_{з1}}{R_{в1}}\right)} = 1.501 \times 10^{-5}$$

$$V1 := \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot (d_{з1}^2 - d_{в1}^2)} = 0.013$$

$$\gamma1 := \frac{2 \cdot V1}{S1} = 2.035$$

$$\mu1 := K_{\Pi} \cdot (\gamma1)^{n-1} = 1.133 \times 10^4$$

$$\Delta P1 := \frac{Q \cdot \mu1}{K1} = 7.3 \times 10^4$$

Додаток Д
Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН71мп.703162.001 ПЗ	Арк.
						179
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Додаток Е
Публікації автора

					<i>ЛН71мп.703162.001 ПЗ</i>	Арк.
						190
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв

САЦЕРДOTOVA АНДРІЯ ОЛЕГОВИЧА

1. Сацердотов А.О., Подыман Г.С., Носов О.П., Двойнос Я.Г. Технологія сушіння вторинного подрібненого поліетилену. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2018. – №5-6. – С. 69-72.
2. Патент України №128757UA МПК (2006.01) B29C 47/00, B29C 47/70, B29C 47/12. Формуюча головка екструдера / Сацердотов А.О., Двойнос Я.Г.; заявник національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського». – № у 2018 02856; заявл. 21.03.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл. № 19.
3. Сацердотов А.О. Труби зі спіненого поліетилену / Сацердотов А.О., Двойнос Я.Г. // «Ресурсозберігаючі технології та обладнання»: XIII міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених – 29-30 листопада – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017 р. – 106 с.
4. Сацердотов А.О. Модернізація формуючої головки екструдера / Сацердотов А.О., Двойнос Я.Г. // «Ресурсозберігаючі технології та обладнання»: XIV міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених – 23-25 квітня – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 р. – 153 с.
5. Сацердотов А.О. Технологія сушіння вторинного подрібненого поліетилену / Сацердотов А.О., Двойнос Я.Г. // «Ресурсозберігаючі технології та обладнання»: XV міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених – 28-29 листопада – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 р. – 180 с.